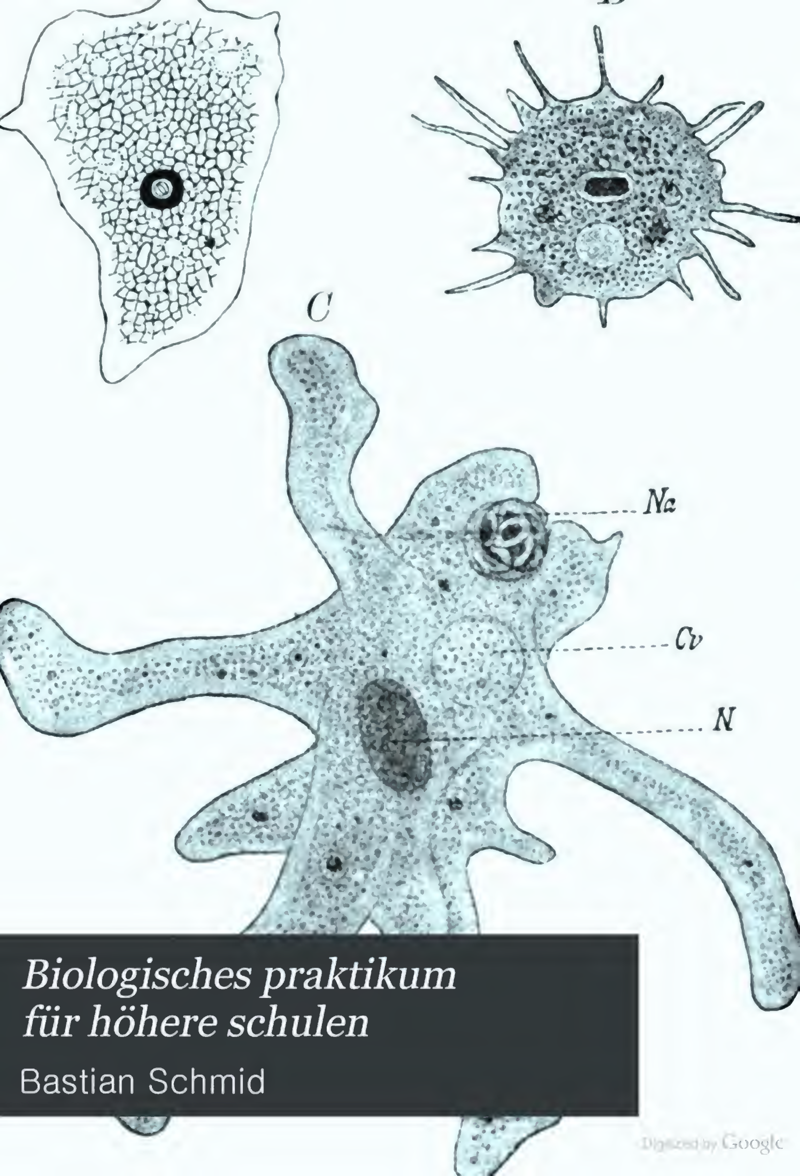
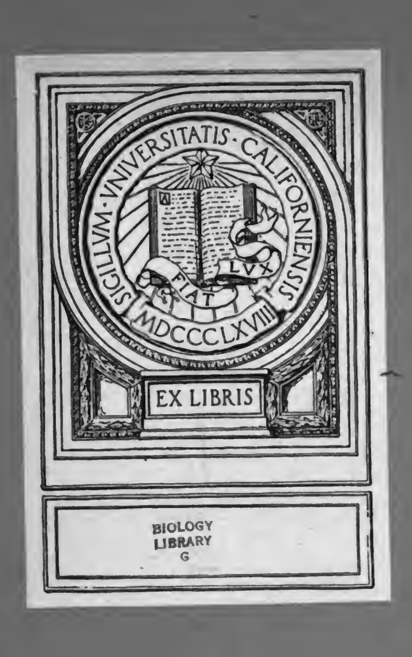


Biologisches praktikum für höhere schulen

Bastian Schmid


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS





BIOLOGISCHES PRAKTIKUM

FÜR HÖHERE SCHULEN

VON

PROFESSOR DR. BASTIAN SCHMID
OBERLEHRER AM REALGYMNASIUM ZU ZWICKAU

ZWEITE, STARK VERMEHRTE
UND VERBESSERTE AUFLAGE

MIT 93 ABBILDUNGEN IM TEXT
UND 9 TAFELN





LEIPZIG UND BERLIN
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER
1914

Geheftet ℳ 2.—, in Leinwand gebunden ℳ 2.50



Vorwort zur ersten Auflage.

Aus der Erkenntnis heraus, daß der Biologieunterricht in allen seinen Teilen Beobachtungsunterricht ist, und daß er an Interesse und Exaktheit wesentlich gewinnt, ja überhaupt nur dann einen vollen Erfolg erzielt, wenn die Beobachtungen unter der Hand des Schülers erlebt werden, habe ich es unternommen. vorliegenden Stoff zu Übungszwecken zusammenzustellen. Uns allen, die wir biologischen Unterricht erteilen und in den Schülerübungen die neueste und wohl gesündeste Phase in der Methode unseres Faches sehen, ist bekannt, daß es noch keineswegs entschieden ist, in welcher Weise sich die Übungen am besten eingliedern. Das wird sich erst im Laufe der Zeit ergeben. Jedoch wird man schon jetzt vor Einseitigkeiten sich hüten müssen, namentlich vor jener, die bis zur Negation des theoretischen Unterrichts geht. Im Vertrauen auf die Methoden unserer Wissenschaft, die gerade durch Hand in Hand gehen von Theorie und Praxis so Hervorragendes erreicht hat, dürfen wir voraussichtlich auf eine nicht zu lange Lebensfähigkeit von Extremen rechnen.

Wie aus den einzelnen Beispielen dieses Leitfadens ersichtlich, ist der Stoff so gehalten, daß die theoretischen Ausführungen des Lehrers nicht entbehrt werden können. Wenn auch dem Schüler verschiedene Anhaltspunkte zu den einzelnen Handgriffen (Gebrauch der Reagenzien, Schnittführung, Anweisung zur Zerlegung von Tieren usf.) gegeben werden, so soll durch eine solche Unterrichtsbeihilfe nur gewissermaßen der Assistent ersetzt werden. Der Unterricht selbst wird erst das geistige Band flechten müssen. Selbstverständlich kann der vorliegende Unterrichtsstoff, der, ich wiederhole, nur aus Übungsbeispielen besteht, nicht in seinem ganzen Umfang von den Schülern bewältigt werden. Wo Gründlichkeit und Vollständigkeit in Wettbewerb treten, hat erstere stets den Vorrang.

Mitunter finden sich im Text wie in den Abbildungen Einzelheiten, die über das Maß der an die Schüler zu stellenden Anforderungen hinausgehen. Wenn ich solche Erweiterungen habe eintreten lassen, so geschah das aus praktischen Bedürfnissen. Es hat sich nämlich bei den Übungen herausgestellt, daß eine ganze Anzahl von Schülern mehr wissen wollte, als ich zu bieten vorhatte. Der Präparierende forscht nach den kleinsten Gebilden, denen er mit Schere und Messer begegnet und verlangt nach Aufklärung.

Was die Ausführung der Übungen anlangt, so liegt es in der Natur der Sache, daß die anatomischen von jedem Schüler vorzunehmen sind; denn nur so kann der einzelne mit der Materie vertraut werden. Bei schwerer zu beschaffendem oder kostspieligerem Material (Tauben und Kaninchen) wird wohl eine Arbeitsteilung eintreten müssen. Hier können, wie bei vielen physiologischen Versuchen (Transpirationsversuche usw.), Gruppen gebildet werden. Zu Übungen an Reptilien konnte ich mich nicht entschließen. Die Eidechse ist mir ein zu nützliches Tier, um sie zu Massenpräparaten zu verwenden und Ringelnattern sind in größerer Anzahl nicht zu beschaffen.

Wenn ich in meinem Praktikum auch eine Anzahl von physiologischen Versuchen nicht durch den Lehrer, sondern durch die Schüler ausgeführt wissen will, so veranlaßt mich hierzu der Umstand, daß die Schüler durch den Aufbau von Apparaten eine Reihe von Überlegungen bekunden müssen, und die Selbstbeobachtungen erfahrungsgemäß viel gründlicher einsetzen, als wenn der Lehrer allein die Versuche anstellt. Die Resultate, die aus dieser Arbeitsteilung entstehen, können während des Unterrichts oder hernach von den einzelnen Gruppen verglichen und beurteilt werden.

Die von mir angeführten Versuche, welche ja heute schon zum eisernen Bestand eines normalen biologischen Unterrichts gehören sollten, beanspruchen durchaus keine Vollzähligkeit. Unerwähnt blieben jene im übrigen äußerst wichtigen Schülerbeobachtungen, die sich auf längere Zeiträume erstrecken und die z. T. mit der experimentellen Morphologie verknüpft werden können.

Von den zu Rate gezogenen und für die Praxis bestimmten Literaturwerken nenne ich: W. Kükenthal, Leitfaden für das zoologische Praktikum; W. Detmer, Das kleine pflanzenphysiologische Praktikum; E. Küster, Kultur der Mikroorganismen; G. Müller, Mikroskopisches und physiologisches Praktikum der Botanik; W. Öls, Pflanzenphysiologische Versuche; E. Strasburger, Kleines botanisches Praktikum. Sämtliche Werke seien den Herren Fachgenossen zur weiteren Ausgestaltung ihres Unterrichts empfohlen.

Die Abbildungen sind z. T. verändert, z. T. unverändert den Werken von Frank, Strasburger, R. Hertwig, Kraepelin, Kükenthal, Verworn, Wiedersheim entnommen. Allen diesen Herren spreche ich meinen verbindlichsten Dank aus. Eine erhebliche Anzahl der Abbildungen meines Leitfadens sind Originale und durch den wissenschaftlichen Zeichner Herrn Kirchner in Leipzig ausgeführt.

Zwickau, im Januar 1909.

Bastian Schmid.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Vorliegende zweite Auflage ist nach den im Vorwort zur ersten niedergelegten Grundsätzen aufgebaut, jedoch stark vermehrt und auch verbessert. Die den modernen Unterrichtsbedürfnissen entsprechende Vermehrung erstreckt sich auf sämtliche Abschnitte. Eine Reihe von Anregungen zu den getroffenen Erweiterungen habe ich z. T. aus dem Unterricht genommen, z. T. aus der Literatur der letzten Jahre, der wissenschaftlichen sowohl als auch der pädagogischen geschöpft, von letzteren namentlich aus meinem im Erscheinen begriffenen Handbuch der naturgeschichtlichen Technik und meinen „Monatsheften für den naturwissenschaftlichen Unterricht".

Die neu hinzugekommenen Abbildungen entstammen den Werken: Giesenhagen, Lehrbuch der Botanik, Hesse-Doflein, Tierbau und Tierleben, den Monatsheften und Schleip, Anleitung zum Studium niederer Tiere.

Allen hier genannten Herrn Verfassern und auch jenen, die mir durch ihre Schriften sowie brieflich an die Hand gingen, sei hierdurch herzlich gedankt.

Die Stoffanordnung soll auch in der Neuauflage für den Unterrichtsgang nicht bindend sein.

Zwickau, im Herbst 1913.

Bastian Schmid.

Inhalt.

Erster Teil: Botanik.

A. Anatomischer Kursus.

B. Physiologischer Kursus.

Zweiter Teil: Zoologie.

Anatomischer Kursus.

Physiologische Übungen.



Erster Teil.

BOTANIK.

A. Anatomischer Kursus.

Algen.

Konjugaten oder Jochalgen.

Spirogyra. Fundstellen: Grüne, sich schlüpfrig anfühlende Watten auf Teichen und Tümpeln, namentlich an sonnigen Frühlingstagen. Bei kühlem Wetter am Boden der Gewässer, von wo sie durch Gasausscheidung (Sonnenwärme) emporsteigen.

In einem Glasbecken mit frischem Leitungswasser halten sich die Konjugaten, falls wir sie nicht der Sonne aussetzen, monatelang.

Wir bringen einige Fäden, die wir auf dem Objektträger mit den Präpariernadeln entwirren und vorsichtig abspülen, unter das Mikroskop (Deckglas!) und übersehen zunächst das Ganze bei schwacher Vergrößerung. Der mehrzellige Organismus, durch den sich ein grünes Zickzackband zieht, kann durch Bewegung des Objektträgers seiner Länge nach leicht überblickt werden. Die ganze Alge erweist sich als unverzweigter, drehrunder (an den Enden abgerundeter) Faden. Nun stellen wir die starke Vergrößerung auf eine Zelle ein, und zwar erstrecken sich die Beobachtungen auf die körperliche Form des Chlorophyllbandes. (Rinnenförmige Spirale.) In der Mittellinie eines jeden Chloroplasten liegen stark lichtbrechende, in der Mitte dunkler erscheinende Gebilde. Dort sitzt ein kristallisierter Eiweißkörper, ein sog. Pyrenoid, und um diesen herum liegen kleine Stärkekörner (Abb. 1, Zellkorn, Protoplasmahof um den Kern, Plasmafäden, Zellsaft). Jodprobe, wodurch außer der Stärke auch noch der Zellkern gut sichtbar wird. Plasmolyseversuch mit Glyzerin! Vgl. S. 10. Die im Sommer oder Herbst zu untersuchenden Exemplare

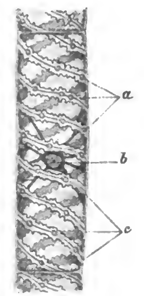


Abb. 1. Eine Zelle von *Spirogyra jugalis*. Vergr. ca. 200. *a* Amylumherde, *b* Kern, *c* Chlorophyllband.

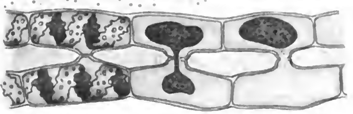


Abb. 2. *Spirogyra communis.* Vergr. ca. 450.

zeigen meist ein völlig anderes Bild. Zwei dicht aneinanderliegende Fäden sind in einzelnen Zellen durch einen kurzen Schlauch (Brücke) in Verbindung getreten. An Stelle der Spiralbänder usw. finden sich dunkle, ovale Gebilde, und häufig zeigt der eine Strang keinen Inhalt mehr. Es ist somit eine Verschmelzung der Protoplasmamassen zweier von verschiedenen Fäden stammenden Zellen vor sich gegangen. (Konjugation; die entstandene Dauerspore heißt Jochspore oder Zygospore.) Abb. 2 zeigt uns den ganzen Vorgang an *Spirogyra communis* in drei aufeinanderfolgenden Stadien.

Die Kopulation tritt u. a. auch ein, wenn man die *Spirogyra*-Fäden in wenig Wasser in die Sonne stellt und sie nahezu eintrocknen läßt.

Diatomeen (Schnitt- oder Spaltalgen).

Fundstellen: Bräunlicher Schlamm auf Wassergräben und Tümpeln.

Ein Tropfen davon unter das Mikroskop gebracht, zeigt uns gelbbraune Stäbchen, deren Zellinneres außer Kern, Chromatophoren, Protoplasma und Fetttröpfchen einen braunen Farbstoff enthält (Diatomin).

Nach längerer Beobachtung ist deutlich eine andauernde Bewegung zu sehen, und zwar erfolgt dieselbe ruckweise vorwärts, wohl auch mitunter seitwärts oder zurück. Während sich die einen Organismen in Form einer länglichen Ellipse zeigen, haben andere die eines schmalen Rechtecks *(Navicula,* Abb. 3*abc).* In beiden Fällen haben wir jedoch ein und dasselbe vor uns. Wir sehen nämlich die Zelle das eine Mal *(a)* von oben, das andere Mal *(b)* von der Seite. Betrachtet man die in Form eines Rechtecks sich zeigende Zelle genauer, so ist unschwer zu sehen, daß die Schale aus zwei Hälften besteht, die wie Dose und Deckel schachtelartig übereinander geschoben sind. Den Querschnitt durch diese denkt man sich nach Art der Abb. 3*c*.

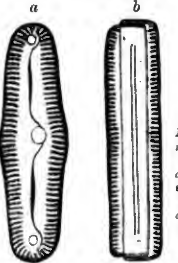


Abb. 3. *Navicula viridis* (Schiffchenalge). *a* Schalenansicht, *b* Gürtelansicht, *c* Schale im Querschnitt.

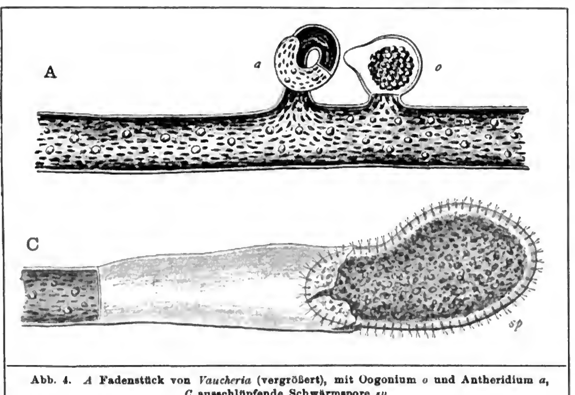


Abb. 4. *A* Fadenstück von *Vaucheria* (vergrößert), mit Oogonium *o* und Antheridium *a*, *C* ausschlüpfende Schwärmspore *sp*.

Schwärmsporen und Eizellbildung.

Material: Schlauchalge *(Vaucheria)*. Abb. 4 *A* u. *C*.

Fundort: In Teichen, auf feuchten Böden. Dunkelgrüne Fadenenden als Zeichen der beginnenden Sporenbildung. *Vaucheria* bildet an jedem Ende ihrer vielverzweigten Fäden eine einzige, mit zahlreichen kleinen Wimpern bedeckte Spore.

Begünstigung der Sporenbildung, indem man die mehrere Tage hindurch auf feuchtem Boden und bei hellem Licht kultivierten Algen mit Wasser übergießt.

Fortpflanzung durch Eizellen. Die Befruchtung erfolgt durch die kleinen, leicht beweglichen Samenfäden. Auch die Eizellen sitzen an den Enden der Fäden. Kultivieren der Alge auf feuchtem Boden oder auch Hinzufügen einer 2—4%igen Zuckerlösung zu den untergetauchten Pflanzen bei hellem (nicht direktem Sonnen-) Licht begünstigt das Wachstum der Eizellen.

Vaucheria und *Spirogyra* haben vor anderen Algen ein Ca-Bedürfnis. Als ein trefflicher Nährboden erweist sich eine Lösung (0,2—1% verdünnt) von 4 Teilen $Ca(NO_3)_2$, 1 Teil KH_2PO_4, 1 Teil KNO_3, 1 Teil $MgSO_4$. Glasschale. Nicht zu helles Licht!

Pilze.

Material: Angefeuchtetes Weißbrot, zuckerreiche Früchte, Zitronen oder frischer Pferdemist unter der Glasglocke lassen sehr bald durch Luftinfektion außer verschiedenen anderen Pilzen *Mucor*- und *Penicillium*-Arten wuchern.

Kulturen: Saft von verschiedenen Früchten, Bierwürze, Malzextrakt, Erbsen-, Linsen- und Maisdekokte, Kartoffeln, Gelatine usw. Gefäße: Petrischalen, Glasplatten, Erlenmeyerkolben.

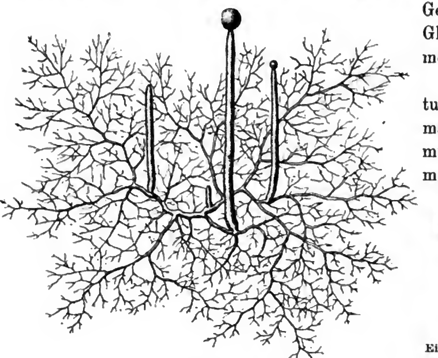


Abb. 5. *Mucor*, noch jung.

Ein stärker vergrößertes Sporangium.

Mucor. Gute Kulturen entstehen, wenn man frischen Pferdemist auf einem Teller mit Wasser begießt, bis er sich vollgesogen hat. Nun stülpt man eine womöglich mit feuchtem Fließpapier ausgekleidete Glasglocke darüber und stellt das Ganze an einen dem Lichte zugänglichen Ort.

Nach ein paar Tagen erscheint das bekannte graue Fadengeflecht mit den grau bis schwärzlich gefärbten, noch nicht stecknadelkopfgroßen Gebilden auf 4—8 mm langen Stielchen. *(Mucor mucedo* oder *M. stolonifer.)* Lupe!

Loslösen einer kleinen Portion des grauen Geflechtes (mit der Pinzette); Mikroskop, Wassertropfen, Deckglas! Abb. 5. Geflecht von dunkelfarbigen Schläuchen, sog. Hyphen. Diese enthalten einen feinkörnigen, häufig in Bewegung begriffenen Inhalt, das Protoplasma. Die kleinen, hellen, kreisrunden Gebilde sind Vakuolen. Die schwarzen Köpfchen sind entweder mit Protoplasma gefüllt oder mit Sporen. (Köpfchen-Sporangien, Stiel-Sporangiumträger.) Wassertropfen! Falls

das Sporangium nicht platzen sollte, übe man einen leichten Druck mit der Nadel auf das Deckglas aus.

Junge, unreife Sporangien zerfallen im Wasser nicht.

Hefepilze.

Saccharomyceten.

Material: Obergäriges Bier und gärende Flüssigkeiten, wie gärende Obst- und Traubenweine, Gurken, käufliche Preßhefe.

Saccharomyces cerevisiae (Abb. 6). Gärung: Je günstiger die Bedingungen für die Entwicklung der Hefe sind, um so besser geht die Gärung vor sich. Bringen wir in eine Kochflasche verdünnte Zuckerlösung (höchstens 1 Teil Zucker und 4 Teile Wasser), dazu kleine Mengen phosphorsaurer Alkalien und Ammoniaksalze, und geben wir des weiteren gewöhnliche Preßhefe dazu, so tritt eine energische Gärung und starke Vermehrung der Hefe ein. — Eine sehr gleichmäßige Gärung entsteht durch Hinzufügung von Hefe zu Pasteurscher Lösung[1]) und zwar bis zu 50 g auf den Liter. In beiden Fällen ist zu beachten, daß die Temperatur nicht zu niedrig ist, am besten empfiehlt sich eine Temperatur von 25° (Thermostat). Untersuchung der sprossenden Hefepilze unter dem Mikroskop! Zusatz von Jodlösung färbt das Protoplasma bräunlich.

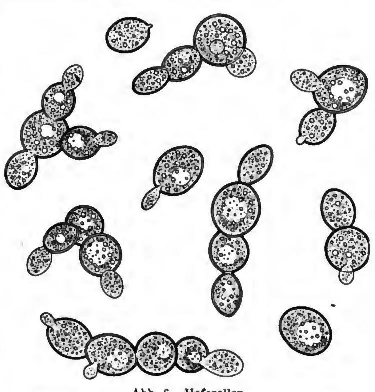


Abb. 6. Hefezellen.
In aktivem Wachstum begriffene Brauereihefe. Die großen Vakuolen und kleinen Fetttropfen sind in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung gezeigt. Kern nicht sichtbar. (Stark vergrößert.)

1) Pasteursche Lösung: 838 Teile Wasser, 150 Teile reiner Kandiszucker, 10 Teile weinsaures Ammoniak, 0,2 schwefelsaure Magnesia, 0,2 phosphorsaurer Kalk, 2 Teile saurer phosphorsaurer Kalk. Hierzu etwa 2 g Hefe.

Untersuchung. Kugelige oder auch eiförmige Gestalt der Zellen mit deutlicher Wand. Protoplasma mit saftgefüllten Vakuolen und kleinen, stark lichtbrechenden Pünktchen (Fetttröpfchen). Kern ohne Anwendung von Reagenzien unsichtbar. Abb. 7 und 8.

Abb. 7. Hefezelle mit Kern.

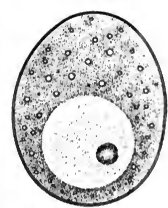


Abb. 8. Hefezelle von Brauereihefe, an der die Struktur — Protoplasma, Zellwand, Vakuolen und Fetttropfen — zu sehen ist. (Kern ist nicht gezeichnet).

Versuche. Nachweis des entstehenden Kohlendioxyds. Ein 100 bis 200 ccm fassendes Kölbchen *(a)* wird etwa mit 50—100 ccm hefehaltiger Flüssigkeit versehen und mit einem durchbohrten Kork, durch den eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre geht, dicht abgeschlossen. Die Röhre taucht in ein anderes, mit Kalkwasser versehenes Kölbchen *(b)*. Die Flüssigkeit wird durch CO_2 getrübt. Versuchsanordnung siehe Abb. 9.

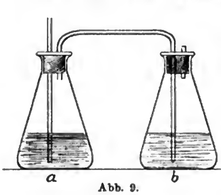


Abb. 9.

Nachweis des entstandenen Alkohols nach 3—4 Tagen. In den Stopfen des Kölbchens *(a)* wird ein nach oben verjüngtes Glasröhrchen eingesetzt. Flamme. Entzünden des Alkohols, sobald er durch allmähliches Erhitzen des Kölbchens zum Entweichen gebracht wird.

Bakterien.

Material: Bei der Allgegenwart der Bakterien können wir uns Material aus der Luft, dem Wasser (Leitungs-, Sumpf-, Teichwasser) und der Erde (Gartenerde) verschaffen.

Um einige Haupttypen der Bakterien kennen zu lernen, schaben wir mit der Nadel etwas von dem Belag der Zähne ab und bringen die weißliche Masse nebst einem Tropfen destilliertem Wasser unter das Mikroskop. Die starke Vergrößerung zeigt uns Kugel-, Stäbchen-, Schrauben- und Fadenbakterien. (Es sollen gegen 100 Arten von Bakterien in der Mundhöhe existieren.) Zusatz von Jodlösung läßt manche Formen besonders deutlich hervortreten.

Abb. 10 *ABCDE* bringt die hauptsächlichsten Formen der Spaltpilze.

A zeigt uns die elliptischen Gebilde, die wir Bakterien benennen,

B die stäbchenförmigen Bazillen und *Leptothrix* (fadenförmig), *C* Spirillum (korkzieherartig), *D* Spirillum mit je einer Zilie an den Enden, *E* Sarcina (ballenartig). Hierzu kommen noch die kugelförmigen Mikrokokken, bzw. die langen Ketten derselben, die Streptokokken. Abb. 11.

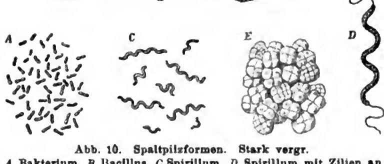


Abb. 10. Spaltpilzformen. Stark vergr. *A* Bakterium, *B* Bacillus, *C* Spirillum, *D* Spirillum mit Zilien an den Enden, *E* Sarcina.

In verunreinigten Gewässern (Abflüssen von Fabriken) finden sich schmutzigweiße Flocken, die sich als ungeheure Mengen von *Chladothrix dichotoma* (Abb. 12) erweisen.

In der Ruhe werden die Zellwände der Bakterien häufig schleimig und durch wiederholte Teilung entstehen beispielsweise gallertartige Klumpen *(Zoogloea)*. Zuweilen hat die Gallerte die Form einer Haut (Essigmutter).

Herstellung von Nährböden und -gelatineschichten für Bakterienkulturen.

Ein sehr empfehlenswerter Nährboden ist die Cohnsche Normallösung: 200 g Wasser, 1 g saures phosphorsaures Kali, 1 g schwefelsaure Magnesia, 2 g neutrales weinsaures Ammoniak, 0,1 g Chlorkalzium.

Um eine möglichst reine Kultur von Bakterien zu züchten, beispielsweise die Termo-(Fäulnis-)bakterien, geben wir Nährlösung in einen Erlenmeyerkolben (etwa 50 ccm der Cohnschen Lösung), den wir erst mit konzentrierter Schwefelsäure und dann mit kochendem, destilliertem Wasser gereinigt und im Thermostat bei mindestens 110° getrocknet haben. Diese Nährlösung wird im Kölbchen, das wir mit Watte verschließen, gekocht und mit einem Tropfen der von uns angesetzten Flüssig-

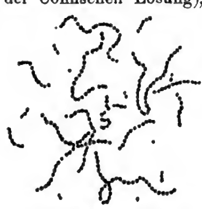


Abb. 11. Streptokokken.



Abb. 12. *Chladothrix dichotoma.*

keit versehen. Der zum Übertragen zu benutzende Glasstab wird vorerst in der Gasflamme erhitzt und auf einer sterilisierten Glasplatte, welche bis dahin im Thermostat oder in einer reinen Petrischale aufbewahrt wurde, abgekühlt. Rasches Ausführen des Übertragens.

Oder: In 200 ccm Leitungswasser, das man zum Kochen bringt, werden 2 g Asparagin, 1 g Traubenzucker, 2 ccm Glyzerin gebracht und unter Umrühren nach und nach 20 g weiße Gelatine hinzugefügt.

Neutralisieren von Soda, bis rotes Lackmuspapier ganz schwach gebläut wird, da bei Sodaüberschuß die Erstarrung der Gelatine stark herabgesetzt wird. Filtrieren durch ein Faltenfilter im Heißwassertrichter.

Sterilisieren im Soxhletkessel bzw. Kochtopf, wo die Gläser dreimal eine halbe Stunde — Pause, damit die Gelatine keinen Schaden leidet — im Wasserdampf von 100° stehen bleiben. Zustopfen mit sterilisierter Watte mittels einer in der Flamme erhitzten Pinzette und kühles Aufbewahren, falls man sie nicht gleich gebraucht.

Vor dem Überfüllen in andere Gefäße wird die Gelatine in heißes Wasser gestellt, wo sie flüssig wird. Der Glasrand ist vor dem Umgießen durch eine Gasflamme zu ziehen. Schnelles Umgießen! Die Petrischalen, Glasplatten, Reagenzgläschen, Kölbchen usw., in welche man die Flüssigkeit abfüllen will, müssen nach vorhergegangener gründlicher Reinigung nebst Watte in einem Thermostat zwei Stunden hindurch auf 160° erhitzt werden.

Hält sich die Gelatine einige Tage rein, dann ist sie steril.

Stich- und Strichkultur. Mittels eines ausgeglühten Platindrahtes werden Bakterien oder Pilzkulturen auf reine Gelatine (Reagenzgläschen) durch einen Stich oder Strich übertragen. Schräglegen der für Strichkulturen bestimmten Gläser!

Bakterien und Pilzsporen in der Luft. Öffnen einer Schale oder eines Kölbchens in der Luft (Korridor, Turnhalle, Eisenbahn usw.) und zwar verschieden lang. (Zwei Sekunden bis zu 30 Minuten.)

Abdruck eines ungewaschenen, mit Seife gewaschenen und mit Sublimat gereinigten Fingers. Versuch schnell und in möglichst staubfreier Luft ausführen!

Rollzylinder. Eingießen von sterilisierter Gelatine in Zylinderkölbchen (sterilisiert) und Rollen derselben unter dem offenen Hahn der Wasserleitung.

In allen diesen Fällen handelt es sich zunächst um keine Rein-, sondern Zufallskulturen, die nur von der Häufigkeit, Mannigfaltigkeit und Übertragbarkeit von Pilzen und Bakterien Zeugnis ablegen.

Die **Eisenbakterien** bewirken die Entstehung von Raseneisenstein oder Sumpferz. Wir gießen auf faulende Blätter oder sonstige in Verwesung begriffene Pflanzenteile Brunnenwasser und geben frischgefälltes Eisenoxydhydrat hinzu. Nach ein bis zwei Wochen stellen sich Flocken von verschiedenen Eisenbakterien ein.

Fäulnisbakterien (*Bakterium termo* u. a.). Hierher gehört die umfangreiche Gruppe jener Mikroorganismen, welche tierische wie pflanzliche Proteïnstoffe zersetzen. Es sind das kleine Stäbchen mit ruckweiser Bewegung.

Kultur. Fleischsaft aus rohem Fleisch oder Wasser, in welchem wir Erbsensamen ein paar Tage stehenlassen (übler Geruch). Die Flüssigkeiten werden der Luft ausgesetzt. Untersuchung eines Tropfens unter dem Mikroskop!

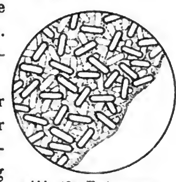


Abb. 13. Essigmutter. Der Rand einer Zooglöenschicht, wie sie bei starker Vergrößerung erscheint Die Bakterien scheinen in eine von ihnen selbst ausgeschiedene Gallerte eingebettet zu sein.

Essigbakterien (*Bakterium aceti, B. rancens* usw.). Wir lassen Bier an der Luft oder noch besser im Thermostat bei 30—35° stehen. Die sich bildende Kahmhaut enthält u. a. *Bakterium rancens.* Abb. 13.

Heubazillen *(Bacillus subtilis)*, abgerundete Stäbchen, dreimal so lang als breit. Übergießen von Heu mit wenig Wasser. Vier Stunden bei einer Temperatur von 36° stehen lassen. Filtrieren der Flüssigkeit in eine Flasche, die mit einem Wattepfropf versehen ist. Schwaches Sieden eine Stunde lang. Aufbewahren der Lösung bei 36°. Nach zwei bis drei Tagen Kahmhaut auf der Oberfläche. Nach Erschöpfung des Substrats Sporenbildung mit gut zu beobachtender Keimung.

Stickstoffbindende Bakterien. *Azotobacter* in jeder Ackererde. Zu erhalten, indem man 100 g Leitungswasser, 2 g Mannit und 0,02 K_2HPO_4 eine dünne Schicht, in einen Erlenmeyerkolben gibt und mit 0,1—0,2 g Gartenerde impft. Stehenlassen bei 27—30° C.

Tuscheausstrichpräparate. Zur raschen Sichtbarmachung der Bakterien bei beliebiger Vergrößerung gibt man ein Tröpfchen mit destilliertem Wasser verdünnter keimfreier Perltusche (1 : 1) auf einen reinen Objektträger und überträgt auf das Tröpfchen eine feine Nadelspitze



Abb. 14.

von irgendwelchen Bakterien. Ausstreichen mit einem Spatel und Betrachten bei verschiedenen Vergrößerungen. Abb. 14.

Sporangien der Farne.

Material: *Scolopendrium vulgare, Aspidium Filix, Pteris serrulata* usw.

Blatt mit gebräunten Sporangiengruppen *(Sori).* Auswählen einer guten Stelle. Querschnitt mit dem Rasiermesser zwischen Holundermark. Objektträger, Deckglas, Mikroskop!

Dem Präparat, das noch geschlossene Sporangien enthält, fügen wir Glyzerin zu. Langsames Öffnen derselben und Herausdringen der Sporen. Abb. 15.

Abb. 15.
Sporangium von *Pteris serrulata*. *p* Stiel, *c* Kapsel, *a* Annulus, *sp* Spore. (Nach Suminski.)

Die Zelle und der Zellinhalt.

Material: Staubfadenhaare von *Tradescantia*-Arten *(virginica* oder *zebrina),* Stengelhaare der Vogelmiere *(Stellaria media),* der Nachtlichtnelke *(Melandryum album),* Blatt von der Wasserpest *(Elodea canadensis),* Stengelhaare des Schellkrauts *(Chelidonium majus).*

Tradescantia virginica. Wir nehmen mit der Pinzette einen Staubfaden und legen ihn auf den Objektträger. Wassertropfen, Deckgläschen! Zu beobachten sind die Bewegungen der Protoplasmastränge in wechselnder Richtung und die langsame Bewegung des rundlichen Kernes (Abb. 16).

Abb. 16.
Zelle aus einem Staubblatthaare von *Tradescantia virginica.* Vergr. ca. 190. *a* Kern.

Läßt man zu dem Präparat Glyzerin, Kochsalz oder Zuckerlösung fließen, so tritt Plasmolyse (schlauchartiges Zusammenziehen des Protoplasmas) ein. Der Glyzerintropfen wird mittels eines Glasstabes an den Rand des Deckgläschens gebracht und durch ein Stück Löschpapier, das wir an der entgegengesetzten Seite anlegen, an das Präparat angesogen. Durch den Umstand, daß die Flüssigkeit dem Zellsaft Wasser entzieht, kontrahiert sich das Protoplasma. Der in der Va-

kuole aufgelöste Farbstoff tritt dadurch nicht aus, hingegen lassen Haut- und Vakuolenschicht des Protoplasmas den Zellsaft durch, wenn dieser beispielsweise durch Zusatz von einem Tropfen Alkohol getötet wurde.

Elodea canadensis gibt Gelegenheit, die in Bewegung befindlichen Chlorophyllkörnchen (im Protoplasma) zu beobachten. Diese Bewegung erfolgt bei gesunden und vorher dem Sonnenlicht ausgesetzten Exemplaren sehr regelmäßig. Vergleiche Abb. 17 *a* bis *e* Zellkerne, *f* Protoplasmafäden, *g* Chlorophyllkörner! Vergleiche die Gestalt der Chlorophyllkörner bei Moosen, Algen *(Spirogyra)* und *Elodea!*

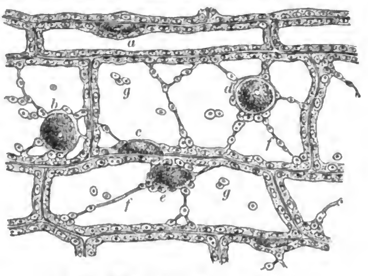


Abb. 17. Zellen des Blattes *Elodea canadensis*. *a* bis *e* Zellkerne, *f* Protoplasmabänder, *g* Chlorophyllkörner (mit Stärkekörnern, bzw. in Teilung begriffen).

Stärkekörner.

Material: Eine frische Kartoffel wird durchschnitten und von der Schnittfläche mit dem Messer eine Kleinigkeit abgeschabt (Glyzerinwasser, Mikroskop, leichte Hin- und Herbewegung der Mikrometerschraube!).

An den glänzendweißen Körnern sind die exzentrisch gelagerten Schichten sowie der Bildungskern zu beachten. Wir unterscheiden deutlich zwischen den hellen oder wasserarmen und dunklen oder wasserreichen Schichten. Außerdem sehen wir einfache und zusammengesetzte Körner (Abb. 18). Jodprobe! Vergleiche beispielsweise die Gestalt der Stärkekörner in den Kotyledonen der Feuerbohne!

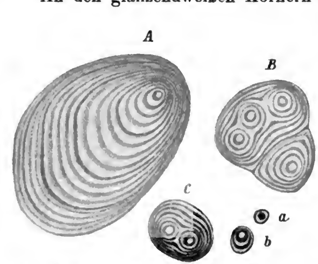


Abb. 18. Stärkekörner aus dem Kartoffelknollen. Vergr. 850.
A Älteres Korn, *B* u. *C* zusammengesetzte Körner, *a* junges Korn, *b* älter als *a*.

Aleuronkörner.

Feingeschnittene Scheibchen aus dem Keimblatt der Erbse

werden zunächst unter Zusatz von Glyzerinwasser unter dem Mikroskop betrachtet. Es zeigen sich große, konzentrisch geschichtete und kleine gelbliche Körnchen (Abb. 19). Jodprobe! Die großen Körner (Stärke) färben sich blau, die kleinen (Aleuronkörner), gelbbraun; Eiweißreaktion. *am* bedeutet Stärke-, *al* Aleuronkörner.

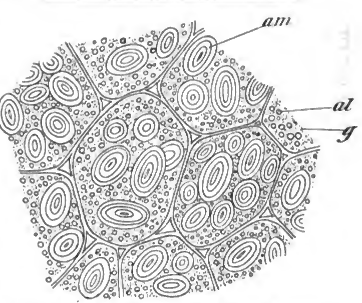


Abb. 19. Teil eines Querschnittes durch ein Keimblatt von *Pisum sativum* (Erbse). Vergr. 220. *am* Stärkekorn, *al* Aleuronkörner, *g* Grundsubstanz.

Kristalle.

Die trockenen Schalen der Zwiebel werden in Alkohol und dann in Glyzerinwasser gelegt. (Mikroskopische Untersuchung; Glyzerinwasser!) Bei tiefer Einstellung werden Kristalle sichtbar, wie sie uns Abb. 20 zeigt. Sie bestehen aus Kalziumoxalat und lösen sich in einem Tropfen Salzsäure ruhig, d. h. ohne Gasentwicklung auf.

Abb. 20. *Allium sativum* (Knoblauch). Vergr. 260. *1* Prisma mit aufgesetzten Pyramiden, *2* von oben gesehen, *3* eine Seite parallel zum Gesichtsfeld, *4* Zwillinge.

Die Zellhaut oder Zellmembran.

Ein bekanntes Reagens auf Zellulose ist Chlorzinkjod, welches Baumwollfasern violett färbt. Prüfung verschiedener, namentlich junger Gewebe. Verholzte Membranen werden in Chlorzinkjodlösung gelb oder gelbbraun. Phlorogluzin und (Betupfen mit) Salzsäure färbt verholzte Membranen rot, desgl. Indol und Schwefelsäure.

Verdickungen der Zellwand.

Die Schichtung der Zellwand beim Dickenwachstum zeigt

der Querschnitt durch die Zellen der Georginenknolle (Abb. 21). Tüpfelkanäle durchziehen die konzentrischen Schichten.



Abb. 21. Querschnitt einer Zelle der Knollen von *Dahlia variabilis*. Vergr. 640.

Ring- und spiralförmige Verdickungen entnehmen wir beispielsweise der Sonnenblume *(Helianthus)* oder unserer *Tradescantia zebrina*, bzw. einer Iris, indem wir durch einen Sproß (Stengel) kurze, einige Millimeter lange Längsschnitte[1]) machen (Abb. 22 *a* u. *b*). Zugleich lassen sich auch die Leitergefäße gut beobachten (Abb. 22 *c*).

Die Abb. 23 veranschaulicht die Hoftüpfel der Kiefer *(Pinus silvestris)*. *A* ist ein Querschnitt durch eine Tracheïde mit Tüpfeln; der Kreis deutet an, wie der Tüpfel in der Flächenansicht sich zeigen würde.

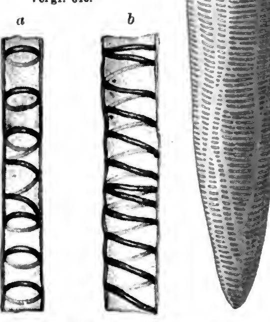


Abb. 22. Gefäße mit Verdickungsleisten. Vergr. 330.
a Spiralgefäß, *b* Ringgefäß von *Tradescantia zebrina*, *c* Leitergefäß von *Pteris aquilina*.

Kollenchymzellen.

Material: Stengel einer Taubnessel *(Lamium)* oder eines Ziest *(Stachys)* oder verschiedene andere junge Stengel (wie *Begonia*). Sie weisen direkt unter der Oberhaut starke Verdickungen an den Kanten auf, in denen die Zellwände zusammenstoßen. Querschnitte!

---

1) Es gibt drei Arten von Schnitten: Querschnitte (senkrecht zur Achse), Radialschnitte (in der Achsenebene) und Tangentialschnitte (parallel zur Achsenebene). Weiche Pflanzenteile schneide man möglichst mit einem bikonkaven, harte mit einem plankonkaven Rasiermesser. Dünne und zarte Pflanzenteile sind zwischen ein der Länge nach gespaltenes Holundermarkstück zu legen. Die Schnittfläche sei stets glatt, das Rasiermesser darf nie gegen das Material gepreßt werden, sondern ist leicht durch dieses zu ziehen. Die Schnitte nimmt man am bequemsten mit einem kleinen Pinsel vom Messer, um sie auf den Objektträger zu übertragen.

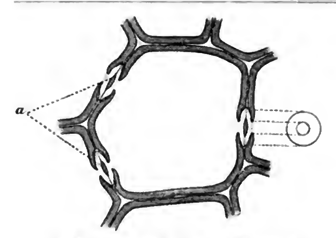


Abb. 23. Querschnitt durch eine Tracheïde. *a* Tüpfel. Der Kreis soll die Flächenansicht des Hoftüpfels veranschaulichen.

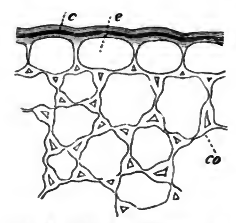


Abb. 24. Teil eines Blattstiels von *Begonia*. *c* Cuticula, *e* Epidermis, *co* Kollenchym.

Blattstiel einer *Begonia* Abb. 24. Die Kollenchymzellen sind an den Längskanten verdickt, und zwar da, wo je drei Zellen zusammenstoßen *(co)*; auch die Oberhautzellen (Epidermiszellen) *e* weisen an den Berührungsstellen mit den Kollenchymzellen eine Verdickung auf. *c* ist die Cuticula, welche sich mit Chlorzinkjod gelbbraun färbt.

Sklerenchymzellen.

Material: Birne. Im Fruchtfleisch Nester sog. verdickter „Steinzellen".

Zellen mit stark verdickten Wänden und zahlreichen fein verzweigten Porenkanälen, welche die Wände durchbrechen. An der Berührungsstelle zweier Zellen treffen die Porenkanäle aufeinander. Tote Zellhüllen ohne lebenden Inhalt mit wässeriger Flüssigkeit erfüllt.

Mit Chlorzinkjodlösung erzielt man gelbbraune Färbung (Verholzung), das umliegende dünne Parenchym wird violett.

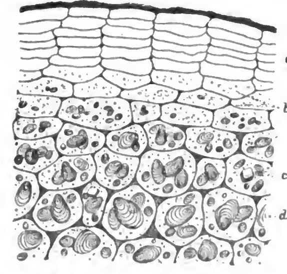


Abb. 25. Querschnitt durch die äußere Partie der Kartoffel. *a* Korkschicht, *b* Korkkambiumzellen, *c* Proteïnkristall, *d* Stärkekörner.

Verkorkung der Zellwand.

Material: Die Kartoffel.

Von dem frischen Scheibchen einer Kartoffelknolle schneiden wir den Rand ab und machen davon Querschnitte. Unser Interesse ist auf die äußerste Schicht gerichtet, die Korkschicht *a* (Abb. 25). Wir be-

tupfen sie mit Chlorzinkjodlösung und bekommen eine typische Gelbbraunfärbung. Kalilauge gibt eine gelbliche Färbung.

Verdickungen der Zellwand bei freien Zellen.

Freiwerdende Zellgebilde wie Sporen, Pollenkörner zeigen häufig Höcker, Warzen oder Stacheln. Es sind reife Pollenkörner von verschie-

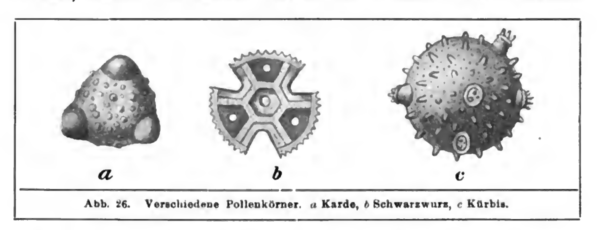


Abb. 26. Verschiedene Pollenkörner. *a* Karde, *b* Schwarzwurz, *c* Kürbis.

denen Blüten, die wir auf einen trockenen Objektträger bringen. Nun setze man einen Tropfen Wasser zu, gebe vorsichtig das Deckgläschen darauf und beobachte das Pollenkorn, bis es geplatzt ist (Abb. 26). Beobachte auch später den Inhalt!

Die Gewebe.

Der Querschnitt durch einen jungen Maisstengel zeigt uns drei verschiedene Gruppen von Geweben: Das Grundgewebe, die Ge-

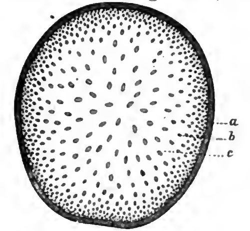


Abb. 27. Querschnitt durch den Stengel von *Zea mays*. Vergr. $1^1/_2$. *a* Primäre Rinde, *b* Gefäßbündel, *c* Grundgewebe des Zentralzylinders

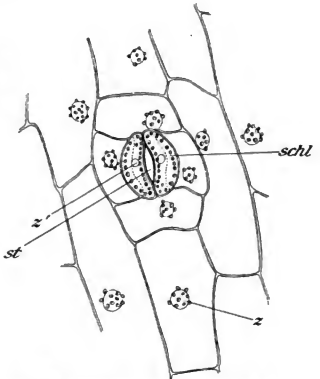


Abb. 28. *Tradescantia zebrina*. Epidermis des Stengels. Vergr. 260. *schl* Schließzelle, *z'* Zellkern, *st* Spalt, *z* Zellkern.

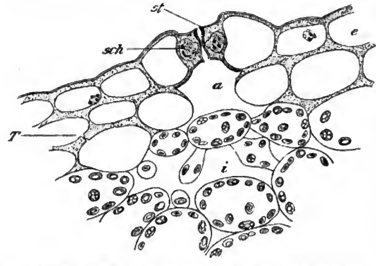


Abb. 29. *Tradescantia zebrina.* Teil eines Querschnittes durch die Rinde. Vergr. 260. *e* Epidermis, *sch* Schließzelle, *st* Spalt, *a* Atemhöhle, *i* Interzellularraum, *T* Tüpfel.

fäßbündel und die primäre Rinde (Abb. 27).

Oberhaut (Epidermis).

Spaltöffnungen. Material: Oberhaut des Blattes der Zuckerrübe *(Beta vulgaris), Iris germanica* oder *Tradescantia* (Stengelteil). Feiner Längsschnitt mit dem Feder- oder Rasiermesser; die Außenseite der Oberhaut ist nach oben gekehrt.

Tradescantia zebrina. Die zahlreich in der Oberhaut zerstreut liegenden Spaltöffnungen sind an den chlorophyllführenden Schließzellen *(schl)* leicht erkennbar (Abb. 28).

Abb. 29 zeigt uns einen Teil des Querschnittes durch die Rinde. Unter den Schließzellen ist ein Interzellularraum, sog. Atemhöhle.

Haare.

Material: Staubfadenhaare der Flockenblume *(Centaurea Jacea)* oder der Kornblume. Brennhaare der Brennnessel *(Urtica dioica).*

Junge frische Blätter der Brennessel. Mit dem Rasiermesser schneiden wir sehr sorgfältig das Haar ohne es zu berühren unter seiner Einfügung heraus. Mikroskop! Die Spitze darf nicht abgebrochen sein. Es erweist sich als ein einzelliges Gebilde mit einem kleinen Köpfchen an der Spitze, einer kolbenförmigen Erweiterung am Grunde, in der ein Kern liegt. Protoplasmaströmung sichtbar (Abb. 30).

Abb. 30. Brennhaar von *Urtica dioica* nebst einem Stück Epidermis, auf dieser eine kleine Borste. Vergr. 60.

Das Blatt.

Material: Buche, Flieder usw. (Abb. 31).

Ein Querschnitt veranschaulicht der Hauptsache nach das Grundgewebe der Ober- *(ep)* und Unterseite *(ep')* von der Epidermis umschlossen. Wir

beobachten zunächst die chlorophyllreichen zylindrischen Parenchymzellen, sog. Palisadenzellen (Palisadenparenchym) *pl*, die chlorophyllärmeren Parenchymzellen, sog. Schwammparenchym *sp*. Die in der Abb. gezeigten Sammelzellen *(s)* geben die assimilierten Stoffe weiter.

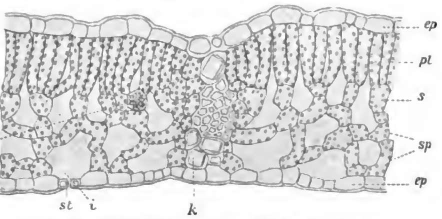


Abb. 31. Querschnitt durch das Buchenblatt *(Fagus silvatica)*. Vergr. 270.
***ep* Epidermis der Ober- und Unterseite, *pl* Palisadenparenchym, *s* Sammelzellen, *sp* Schwammparenchym.**

K ist ein Kristall, *K'* eine Kristalldruse. Die weiten Interzellularräume *i* innerhalb des Schwammparenchyms stehen mit den Spaltöffnungen *st* der unteren Epidermis in direkter Verbindung.

Abb. 32. Querschnitt durch einen monokotyledonen Stengel.

Das Gefäßbündelsystem.

Abb. 32 zeigt den Querschnitt durch den Stamm einer monokotyledonen Pflanze schematisch. Die zahlreichen Fibrovasalstränge liegen regellos im Grundgewebe zerstreut. Typisch für die Monokotyledonen. In Abb. 33 sehen wir einen Querschnitt durch einen Zweig von Osterluzei *(Aristolochia sypho)*. Gefäßbündel *(b)* konzentrisch geordnet. *c* Gefäßteil, *d* Siebteil, *f* Kambium, *e* Sklerenchymring, *g* primäre Rinde, *h* Kollenchym, *m* Mark.

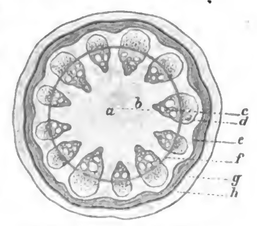


Abb. 33. Querschnitt durch einen dünnen Zweig der Osterluzei *(Aristolochia sypho)*. Vergr. 7.
***a* Mark, *b* Gefäßbündel, *c* Gefäßteil, *d* Siebteil, *e* Sklerenchymring, *f* Kambium, *g* primäre Rinde, *h* Kollenchym in dieser.**

Wurzel und Stamm einer einkeimblättrigen Pflanze.

Material: Mais, Zwiebel oder Knoblauch.

Der feine farblose Querschnitt der Zwiebelwurzel wird unter dem Mikro-

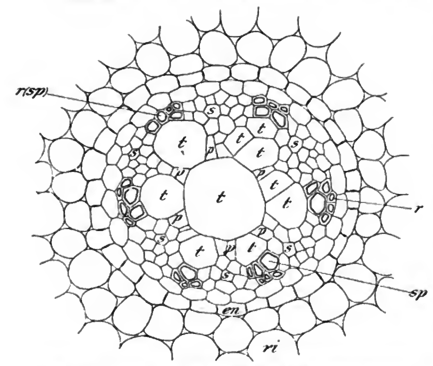


Abb. 34. *Allium cepa.* Querschnitt durch den Zentralzylinder einer jungen Wurzel. Vergr. 220. *ri* Rinde, *en* Endodermis, *s* Siebteil, *r* Ringgefäßtracheïden, *sp* Spiralgefäßtracheïden, *t* unfertige Treppentracheen, *p* Parenchym.

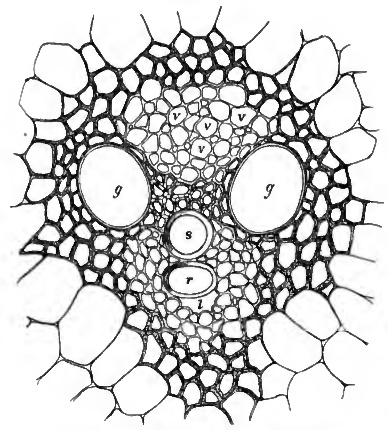


Abb. 35. Querschnitt durch den Stamm von *Zea mays.* *g g s r l* Xylemteil, *v—v* Phloemteil.

skop betrachtet (Abb. 34). *ri* ist die primäre Rinde, *s* Siebteil, *r* Ringgefäßtracheïden, *sp* Spiralgefäßtracheïden, *t* Treppentracheen in Entwicklung. *(p)* Parenchymzellen, welche sich zwischen die Tracheen schieben, bzw. diese abschließen. Chlorzinkjodprobe!

Machen wir einen Querschnitt durch den Maisstengel, dann ergibt sich unter dem Mikroskop ein Bild, wie wir es in Abb. 35 sehen. Der Fibrovasalteil besteht aus dem Xylemteil, *ggsrl* (Holzteil) und Phloem (Bastteil) *vvv*; *gg* bedeutet getüpfelte Gefäße, *s* ist ein Spiral-, *r* ein Ringgefäß.

Wurzel und Stamm einer zweikeimblättrigen Pflanze.

Material: Feuerbohne (*Phaseolus multiflorus*, Abb. 36).

Wir sehen bei *g* die Gefäße der vier Gefäßstrahlen, deren älteste Gefäße *p* am Umfang liegen, die vier

Siebteile *b* abwechselnd mit den Gefäßgruppen, *c* die später sich bildende Kambiumschicht hinter den Siebteilen.

Querschnitt durch einen offenen Fibrovasalstrang, Stengel von *Ricinus communis* (Abb. 37). Grundgewebe: Parenchymzellen der primären Rinde *r* und des Markes *m*.

Offener Fibrovasalstrang, nämlich Xylem *gt*, Phloem *by*, Kambium *cc*, *tt* enge und *gg* weite getüpfelte Gefäße, *bb* Bastfasergruppen. Das Kambium *cc* setzt sich in das zwischen den benachbarten Fibrovasalsträngen liegende Grundgewebe fort *cb*.

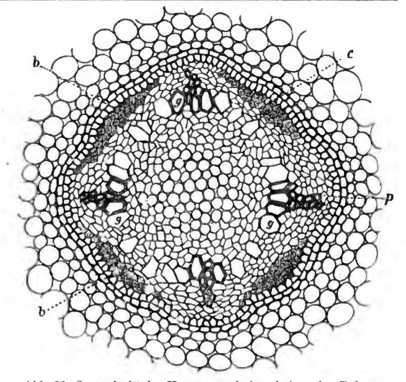


Abb. 36. Querschnitt der Hauptwurzel einer keimenden Bohne. *g* Weite Gefäße der vier Gefäßstrahlen, *b* Siebteile (vier), *c* Kambium, *p* die primordialen engen Gefäße.

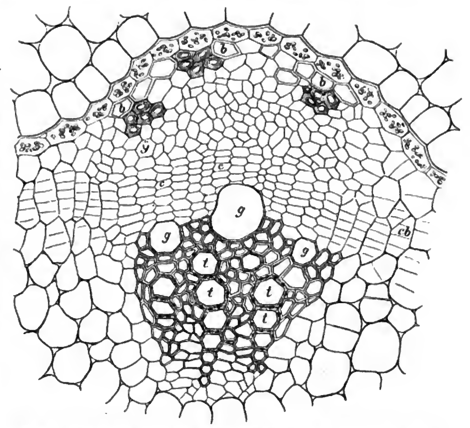


Abb. 37. Querschnitt durch das hypokotyle Stengelglied von *Ricinus communis*. *g t* Xylem (*g* weite getüpfelte Gefäße, *t* enge), *c* Kambium, *b—b* Bastfasergruppen, *y* Weichbast.

B. Physiologischer Kursus.

Der Boden.

1. Luftströmung im Erdboden.

Wir bringen in ein Reagenzgläschen ein fast bis auf den Boden reichendes, oben rechtwinklig gebogenes Glasröhrchen und füllen das Gläschen mit Kies. Bläst man mit einem anderen Röhrchen auf die Oberfläche, dann erlischt eine vor das zugespitzte Ende der Glasröhre gestellte Spiritusflamme. (Ablenkung einer Gasflamme, Abb. 38.)

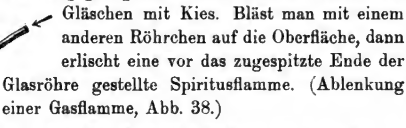


Abb. 38. Ablenkung einer Gasflamme.

2. Kapillarität verschiedener Bodenarten.

Vier ca. 75 cm lange und 2 cm weite Glasröhren werden unten mit einem feinmaschigen Siebe verschlossen, und die eine mit Sand, die zweite mit Ackererde, die dritte mit Lehm und die vierte mit Ton gefüllt. Sämtliche Bodenarten müssen lufttrocken sein, nicht ganz fest, aber lückenlos in die Röhren gefüllt werden. Wir tauchen sie nun in einen Trog, der 4 bis 5 cm hoch mit Wasser gefüllt ist und stellen fest, wie weit in den einzelnen Röhren die Flüssigkeit innerhalb einer Stunde aufwärtsgedrungen ist. Nach längerer Zeit ist ersichtlich, daß auch die Steighöhe eine verschiedene ist.

Umgekehrt gießen wir, nachdem wir die Versuchsröhren auf gleiche Weise wiederum gefüllt haben (diesmal lassen wir die obersten 5 cm frei), zu jeder nach und nach die gleiche Menge Wasser. Aufsteigen von Luftblasen. Wie lange braucht dieses, um in den einzelnen Röhren durchzusickern? (Eindringen des Regenwassers in verschiedene Bodenarten.)

3. Nahrungsaufnahme aus dem Boden.

Bringt man in ein Glasgefäß (Batterieglas) abwechselnd 3—4 cm starke Schichten von Sand und Humus und setzt ein junges Pflänzchen hinein, so kann man beobachten, daß die Wurzeln hauptsächlich in den Humusschichten zur Entwicklung gelangen.

Die saure Reaktion der Wurzeln ist an Lackmuspapier nachzuweisen.

Osmose.

4. Das Gefäß *a* (Abb. 39), welches unten mit einer Tierblase verbunden ist, wird mit einer Eisenchloridlösung versehen und in das Becherglas *b* gebracht, in welchem sich eine sehr verdünnte Salzsäure befindet. Um den Übertritt von Eisenchlorid in die Flüssigkeit *c* nachzuweisen, bedient man sich des Ferrozyankaliums. Tiefblaue Farbe.

5. Dasselbe Gefäß ist, nachdem es gründlich gereinigt, zu einem weiteren Versuch zu benutzen. Wir füllen es jetzt mit einer starken Zucker- oder Salzlösung, setzen einen von einer langen Glasröhre durchbohrten Kork darauf und bringen das Ganze in ein Gefäß mit reinem Wasser. Den ursprünglichen Flüssigkeitsstand markiert man. Steigen der Flüssigkeit. Wasser dringt vom äußeren in das innere Glas.

Umgekehrt sinkt das Wasser, wenn man in das äußere Gefäß Salzlösung und in das innere Wasser bringt.

Gibt man in ein Gefäß eine starke Zucker- oder Salzlösung und gießt man dann ganz vorsichtig und langsam Wasser darauf (möglichst an den Wänden herunterlaufen lassen), so mischt sich der Inhalt nach und nach. (Deutlich sichtbar bei Kupfervitriollösung.) Die Tierblase läßt Zucker oder Salz weniger gut durchdringen als Wasser.

a
b

Abb. 39.

6. Eine in Wasser eingeweichte Schweinsblase wird mit konzentrierter Kochsalzlösung (Kupfervitriol) gefüllt und nach Ausschneiden eines ringförmigen Stückes wird an der Blasenöffnung eine Glasröhre luftdicht eingefügt. (Entfernen der Luftblasen, Bindfaden.) Untertauchen der Blase in ein Gefäß mit reinem Wasser nach Abb. 40, Befestigen an einem Glasstab oder Stativ und Anbringen einer Marke. Langsames Steigen der Flüssigkeitssäule. — Umgekehrter Versuch, Blase mit Wasser und Gefäß mit Salzlösung gefüllt.

7. Wir töten frische Rübenstücke durch kurzes Kochen mit heißem Wasser und legen sie, nachdem wir sie abgespült, in destilliertes Wasser. Proben dieser Flüssigkeiten werden nach ein paar Stunden mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure versetzt und kurze Zeit gekocht. Nun

stellt man mit Fehlingscher Lösung fest, welche Flüssigkeit Zucker enthält.

8. In eine frische, geschälte Rübe wird ein 2,5 cm weites und 10 cm tiefes Loch (Bohrer, Holzhohlmeißel) gebohrt. Wir füllen die Öffnung mit Zucker und gießen bis auf 1 cm Entfernung vom Rande Wasser darauf. Mit einem zweifach durchbohrten Gummistopfen wird die Öffnung verschlossen und in die eine Stopfenöffnung eine mindestens 2 m lange und 1,5 mm weite Glasröhre eingesetzt. Die zweite wird nach Einfügung des Stopfens und Austreiben der Luft mit einem Glasstopfen verschlossen. Stativ! Die Rübe wird nun mit dem Manometer in Wasser getaucht (und zwar ist sie vollständig unter Wasser). Nach etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden steigt die Flüssigkeit 2 m hoch. Gewichtsbestimmung der ausgehöhlten Rübe vor und nach dem Versuch.

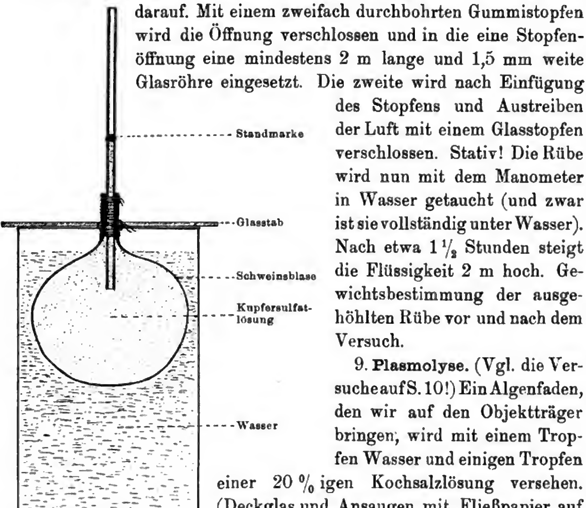


Abb. 40.

9. **Plasmolyse.** (Vgl. die Versuche auf S. 10!) Ein Algenfaden, den wir auf den Objektträger bringen, wird mit einem Tropfen Wasser und einigen Tropfen einer 20 % igen Kochsalzlösung versehen. (Deckglas und Ansaugen mit Fließpapier auf der entgegengesetzten Seite!) Das die Plasmamasse umgebende zarte Häutchen ist halbdurchlässig (semipermeable Membran) und läßt aus dem Zellinhalt Wasser hindurch, sobald die Konzentration der Salzlösung jene des Zellsaftes um ein Minimum übersteigt. Indem sich der Plasmaschlauch von der Zellwand loslöst, der Plasmainhalt sich kontrahiert, füllt die Salzlösung den Raum zwischen Zellwand und Plasma aus.

Turgor.

10. Künstliche Zelle. Ein offenes weites Glasröhrchen wird zunächst auf der einen Seite mit einem Stück Schweinsblase verschlossen, mit

konzentrierter Zucker- bzw. Kochsalzlösung gefüllt (keine Luftblasen!) und dann auf der anderen ebenso überbunden und in destilliertes Wasser gelegt. Die sich allmählich vorwölbenden Enden (Osmose) zeugen von einem starken Druck (Spannung). Anstechen mit einer Nadel. — Herausspritzen von Wasser.

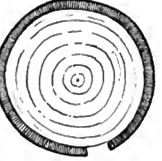


Abb. 41.

Füllt man ein weiteres Glasröhrchen mit Wasser und legt es sodann zugebunden in eine Kochsalzlösung, dann beobachtet man eine Einbuchtung der Blasen (Osmose).

Frische grüne Blätter erschlaffen in starker Kochsalzlösung. — Spannungszustand nicht welker Pflanzenteile. Zellspannung — Turgor.

11. **Querspannung.** Aus einem frischen Weidenzweig schneiden wir eine Querscheibe, schlitzen die Rinde senkrecht auf und schälen sie vom Holze los (Abb. 41). Will man die losgelöste Rinde wieder den ehemaligen Verhältnissen anpassen, so bedarf es einigen Kraftaufwandes.

12. **Längsspannung von Pflanzenteilen.** Aus dem Stengel einer Sonnenrose schneiden wir ein Stück von mehreren Zentimetern Länge heraus und daraus wieder eine mediane Längslamelle. Darauf machen wir einen Längsschnitt (Halbierung des Markes), und es krümmen sich die beiden Hälften nach außen. Einlegen in Wasser verstärkt die Krümmung (Verkürzung der äußeren Schichten durch den Turgor der Markzellen.) Einlegen der Stücke in Kochsalzlösung mit dem entgegengesetzten Erfolg (Abb. 42*a*). *M* Mark, *E* Epidermis.

13. Von derselben Pflanze nehmen wir wiederum eine Stengellamelle und trennen auf beiden Seiten die Rinde (Epidermis und einige Zellagen) los. Die Rinde verkürzt sich, während das Mark *(M)* sich verlängert (Abb. 42*b*). Die einzelnen Teile sind nun leicht zu biegen.

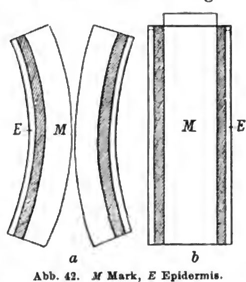


Abb. 42. *M* Mark, *E* Epidermis.

Transpiration. Nahrungsleitung.

14. In eine enghalsige Glasflasche, die wir bis zu $^3/_4$ mit Wasser füllen, bringen wir einen abgeschnittenen Zweig einer Linde und gießen außerdem eine dünne

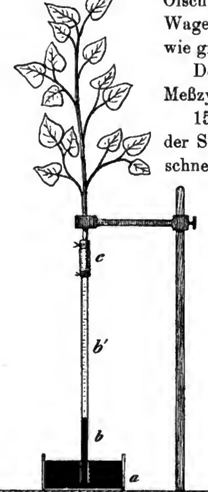


Abb. 43.
a Gefäß mit Quecksilber, *bb'* Glasröhre (*b* Quecksilbersäule, *b'* Wassersäule), *c* Gummischlauch.

Ölschicht auf das Wasser. Das Ganze kommt auf die Wage, und nach einer Stunde ist zu kontrollieren, wie groß der Gewichtsverlust ist. Zahl der Blätter!

Denselben Versuch veranstalten wir in einem Meßzylinder.

15. Ein gut beblätterter Sproß der Linde (oder der Schwarzpappel) wird möglichst nach dem Abschneiden durch einen Gummischlauch mit einer Glasröhre verbunden und diese mit Wasser gefüllt. Wir verschließen unten mit dem Finger und bringen das Ganze in ein Quecksilbernäpfchen (Abb. 43), so daß die vorläufig noch mit Wasser gefüllte Röhre bis auf den Gefäßboden reicht. Um Luftblasen zu vermeiden, umwickle man das Gummistück mit Blumendraht. Steigen des Quecksilbers und Messen der Höhe. Umrechnung der Quecksilbersäule auf eine Wassersäule. Bedeutende Kraftleistung der Pflanze.

16. In einen Meßzylinder bringen wir einen Lindenzweig, füllen mit Wasser bis zu einer bestimmten ccm-Zahl und geben eine dünne Ölschicht darauf. In einen anderen geben wir den Zweig einer Stechpalme mit annähernd gleicher Blätterzahl (bzw. Umschätzung auf annähernd dieselbe Oberfläche wie bei dem Lindenzweig). Einstellen auf die gleiche (ccm) Höhe des Wassers. Ölschicht. Unterschied in der Verdampfung der verschiedenartigen Blätter.

17. Eine ganze Pflanze von *Zea mays,* die wir in unserer Wasserkultur haben, wird in eine Lösung von Methylenblau (1:100000) versetzt. Das Aufsaugen des in dieser Verdünnung unschädlichen Farbstoffes ist schon äußerlich ersichtlich. Ein Querschnitt zeigt die Blaufärbung der Gefäße.

18. Ein Zweig der Schwarzpappel *(Populus nigra)* wird unter Wasser abgeschnitten und vorsichtig in einen Glaszylinder gebracht, so daß keine Luft von unten her in die Leitungsbahnen dringen kann. Nach etwa einer Stunde geben wir stark verdünnte Eosinlösung dazu und beob-

achten, in welcher Zeit die Blattadern sich färben. Querschnitte. Versuch am Maiglöckchen *(Convallaria majalis).*

19. Ein Weidenzweig wird ein paar Zentimeter von seiner Ursprungsstelle oder eine in einem Topf gezogene junge Weide ein paar Zentimeter über der Erde geringelt, d. h. es wird eine mehrere Zentimeter breite Zone (Rinde und Phloem) bis auf das Holz abgeschält. (Vorsichtig schaben, um das Holz nicht zu verletzen!) Kein Welkwerden der Blätter. Der aufsteigende Saftstrom bewegt sich im Holzkörper.



Abb. 44.

20. Ein Weidenzweig wird abgeschnitten, geringelt und so in ein Wassergefäß gebracht, daß die Ringelungsstelle unter Wasser ist. Von den nach etwa 10—14 Tagen hervorbrechenden Wurzeln bleiben die unter der Ringelungsstelle befindlichen schwächlich, sie bekommen keine Nährstoffe von oben, weil die (Bast-)Leitung unterbrochen ist.

21. Ein Johannisbeer- (Pappel-)zweig wird ebenfalls und zwar am Strauch geringelt. Nach einigen Wochen zeigen sich über der Ringelungsstelle starke Verdickungen. Anstauung von Nährstoffen, die von den Blättern nach der Wurzel im Bastteil wandern. (Die Verdickung tritt nicht auf, wenn man die Rinde entfernt.)

22. **Wurzeldruck.** Eine kräftige Pflanze (Tabak, Georgine, Sonnenblume) schneidet man 10—15 cm über dem Boden ab und gibt einen dichten Gummischlauch, an den sich ein Glasrohr anschließt, darüber. Entstehen einer Flüssigkeitssäule. (Vorheriges Begießen der Pflanze.)

Atmung.

23. Wege der Atmungsluft (Interzellularsystem). Ein unverletztes Blatt einer krautartigen Pflanze (in Abb. 44 *Primula sinensis*) wird durch einen doppeltdurchbohrten Kork, in dessen einer Öffnung eine rechtwinklig gebogene Glasröhre steckt, gezogen und mit nicht zu heißem Paraffin oben luftdicht eingekittet. Sorgfältiges Saugen am Glasröhrchen bewirkt ein Eindringen von Luft durch die Spaltöffnungen, die in die Interzellularräume und von da in das Wasser gelangt sind. Blasenstrom.

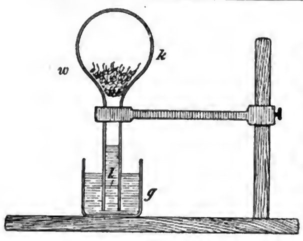
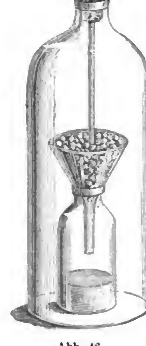


Abb. 45.
k Glaskolben, *g* Gefäß mit Kalilauge (*l*), *w* Glaswolle (darüber Keimlinge).

24. Ein geräumiger Glaskolben wird etwa zur Hälfte mit frischen, jedoch nicht nassen Blüten gefüllt und gut zugestopft. Am andern Tag ist eine brennende Kerze einzuführen. Oder: Wir befestigen mit einem Schnürchen an den Kork ein nach innen hängendes kleines Reagenzglas, das zur Hälfte mit Barytwasser gefüllt ist. Trübung. — Dieselben Versuche sind mit keimenden Erbsen zu machen. Parallelversuch mit trockenen Erbsen.

25. In einen Glaskolben bringen wir keimende Erbsen und geben oben in den Halsansatz Glaswolle oder einen Wattebausch. Nun stürzen wir den Kolben um, und zwar so, daß er mit der Öffnung in ein Becherglas kommt, in dem sich Kalilauge befindet. Diese beginnt (Abb. 45) Kohlendioxyd zu absorbieren und zu steigen.

26. In einen Zylinder oder Kolben, in welchem sich keimende Erbsen befinden, bringen wir einen Thermometer, einen zweiten Thermometer stellen wir daneben. Temperaturunterschied? Abb. 46.


Abb. 46.

Besser treten diese Temperaturunterschiede hervor, wenn etwa eine Versuchsanordnung, wie sie Abb. 47 zeigt, in Anwendung gebracht wird. Im Kugelkolben *a* befinden sich trockene, in *b* keimende mit Wasser befruchtete Erbsen.


a *b*
Abb. 47. *a* trockene, *b* keimende Erbsen (in *b* unten Wasser).

27. Intramolekulare Atmung. Lufttrockene Samen von Erbsen (oder Weizen-

körnern) bringen wir in ein retortenartiges Gefäß (100—150 ccm Inhalt), füllen dieses mit ausgekochtem Wasser (Vertreibung der Luft), bringen es umgekehrt in ein Gefäß mit Wasser und verdrängen sodann mittels gereinigten Wasserstoffs das Wasser bis auf einen geringen Teil (Abb. 48). Den Wasserstand markieren wir. Nach einiger Zeit sinkt das Wasser, es wurde also durch ein Gas verdrängt. Nimmt man nach vollständiger Verdrängung die Retorte heraus (Daumen!), schiebt das Wassergefäß beiseite und ersetzt dieses durch ein Becherglas mit Kalilauge, so findet ein Steigen statt. Kohlendioxyd. Der Sauerstoff kann demnach nur aus den Pflanzen selbst (Spaltung) stammen.

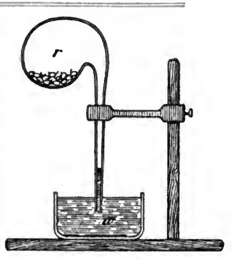


Abb. 48.
r Retorte mit Keimlingen (Wasserstoff), *w* Gefäß mit Wasser.

Assimilation.

28. An einigen Blättern von *Tropaeolum majus* werden bei Sonnenschein nach Art der Abb. 49 Korkscheiben angebracht zum Zwecke der Verdunkelung der betreffenden Stelle. Nach etwa 36 Stunden nehmen wir die Scheiben wieder ab. Die Blätter werden einige Minuten in einer Porzellanschale in Wasser (Töten der lebenden Zellen) und dann so lange in Alkohol (Wasserbad!) gekocht, bis eine vollständige Entfärbung (Befreiung von Chlorophyll) eingetreten ist. Wechseln des Alkohols! Übergießen der Blätter in einer Porzellanschale mit Jodlösung. Mit Ausnahme der beschatteten Stelle tritt Blaufärbung ein.

29. In ein mit frischem Brunnenwasser gefülltes Becherglas bringen wir einen bis 10 cm langen Sproß von *Elodea* und einen ebenso langen im dunklen Pappkasten gewachsenen und stellen das Ganze ins Sonnenlicht. Unterschiede! Die Gasblasen, die sich bekanntlich als O erweisen, werden gezählt und aufgefangen.

30. Ein Wasserpestzweig, der ein paar Stunden unter Wasser dem Sonnenlicht ausgesetzt war, wird in eine Jodjodkaliumlösung gebracht und hernach in reinem Wasser ausgewaschen (von Jod befreit). Die mikroskopische Untersuchung ergibt an oder in den Chlorophyllkörnern dunkle Flecke. (Gebläute Stärkekörner.)

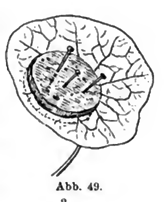


Abb. 49.

31. **Einwirkung von roten, gelben und blauen**

Strahlen auf die Assimilation. Sprosse von *Elodea* kommen in ein Becherglas, das bis nahe an den Rand mit frischem Wasser gefüllt ist. Wir setzen einen Kork darauf und auf diesen ein Gewicht (Stück Blei). Nun stellen wir das Ganze in ein Glas, in welchem sich eine rote oder gelbe Flüssigkeit (Anilinfarbe) befindet (Glasplatte). Sonnenlicht. Parallelversuch mit blauem (Anilinfarbe) Licht. Die O-Abscheidung ist jetzt unerheblich.

32. **Chlorophyll-Lösung.** 2—3 Blüten der Kapuzinerkresse *(Tropaeolum majus)* rollen wir leicht und bringen sie in ein Reagenzglas. Hierauf gibt man 5—6 ccm Alkohol dazu und kocht vorsichtig über der Gasflamme aus. Das Gläschen wird, sobald die Flüssigkeit siedet, mit kurzen Unterbrechungen abwechselnd von der Flamme entfernt und wieder hingeführt. Der Alkohol färbt sich dunkelgrün. Auswaschen der Blüten, die z. T. den Farbstoff vollständig verloren haben. Vollständige Entfärbung leicht erreichbar.

33. **Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation.** Frische Wasserpest, deren Stengel möglichst unter Wasser mit der Schere durchschnitten werden, bringt man in eine mit viel Wasser gefüllte Flasche mit verjüngtem Halse. Nachgießen von etwas Selterswasser und dann volles Auffüllen mit gewöhnlichem Wasser. Aufsetzen eines Korkes, der von einer Glasröhre durchbohrt wird. Diese ist oben rechtwinklig gebogen und reicht bis zu $^4/_5$ in die Flasche. Das Ganze wird dem Sonnenlicht ausgesetzt. Gasblasen am Halse. Aus der Röhre tropft Wasser. Vorsichtiges Öffnen und Hereinführen eines glimmenden Spanes in das Gas. Sauerstoff.

Einwirkung von niederen und hohen Temperaturen auf die Pflanze.

a) Niedere Temperatur.

34. Von einer roten Rübe schneiden wir eine Scheibe heraus, waschen dieselbe und trocknen sie ab. Hierauf bringen wir sie in eine Kristallisierschale, welche wir mit einem Glasdeckel versehen, und setzen sie einer Temperatur von ca. — 6° aus. Wir erblicken namentlich an der Unterseite Eis, das nicht rot gefärbt ist. Parallelversuche mit einer Kochsalzlösung bei etwa — 1°.

35. Wir legen ungefrorene und gefrorene Rübenstücke in Wasser. Die gefrorenen lassen Wasser durchtreten. (Das durch Hitze oder Kälte getötete Protoplasma läßt Farbstoff hindurch.)

36. Auf Kartoffelknollen lassen wir einige Stunden eine Temperatur von — 10° einwirken und, nachdem sie steinhart geworden, wieder auftauen. Sie sind nicht mehr keimfähig.

37. Trockene Samen von Getreide, Erbsen usw. werden ebenfalls einige Stunden dieser Temperatur ausgesetzt und hernach mit ihnen ein Keimungsversuch gemacht. Sind sie noch keimfähig?

38. Befeuchtete, also bereits gequollene Samen werden auf dieselbe Weise behandelt. Wie ist es mit der Keimfähigkeit?

b) Hohe Temperatur.

39. Erbsen- und Bohnen- (Weizen-)samen werden gegen eine Stunde auf 70° erhitzt und auf die Keimfähigkeit geprüft.

Reaktionen zum Nachweis bekannterer Pflanzenstoffe.

40. **Kohlenstoff.** Grüne Pflanzenbestandteile werden im Reagenzglas vorsichtig erhitzt, damit das Gläschen nicht springt. Wasserdampf. Brennbare Gase. Teerige Bestandteile. Schwarzer Kohlenstoff, der in der Flamme zu Asche (Salze) verbrennt.

41. **Salpetersäure.** Schnitte durch *Sambucus nigra* (Holunder) betupfen wir mit Diphenylamin (Glasstab). Blaufärbung.

42. **Eisen.** Einige Gramm Holzasche übergießen wir mit destilliertem Wasser, dem wir ein paar Tropfen Salzsäure hinzufügen. Filtrieren. Durch Zusatz von Ferrozyankalium entsteht ein blauer Niederschlag.

43. **Kalk.** Zu einem Teil des vorigen Filtrats, das wir schwach erwärmen, geben wir Ammoniak in Überschuß. Hierauf geben wir Essigsäure hinzu, bis die Lösung eben sauer ist. Filtrieren und Vermischen des Filtrats mit oxalsaurem Ammoniak! Weißer Niederschlag. Oxalsauer Kalk.

44. **Schwefelsäure.** Eine geringe Menge des Filtrats genügt, um bei Hinzufügung von Chlorbaryum eine weiße Trübung hervorzurufen. Baryumsulfat.

45. **Chlor.** 5 g Tabakasche werden mit 25 ccm destilliertem Wasser übergossen. Hinzufügen von Salpetersäure, bis kein Aufbrausen mehr stattfindet. Filtrieren. Versetzen des Filtrats mit salpetersaurem Silber. Chlorsilber.

46. **Phosphorsäure.** Verbrennen eines entschalten Rizinussamens im Porzellantiegel. Eine Kleinigkeit Asche kommt auf den Objektträger, wozu wir einen Tropfen Wasser und eine geringe Menge Salzsäure

geben. Erhitzen des Objektträgers über der Flamme bis zum Eintrocknen der Lösung. Nunmehr ist eine Kleinigkeit 5%iges Ammoniummolybdat sowie eine Spur Salpetersäure hinzuzufügen. Gelbe Kristalle.

47. **Rohrzucker.** Wir zerreiben mit einem Reibeisen Zuckerrübenschnitte und versetzen 20 g davon mit 50 ccm Wasser. 20 ccm des Extraktes werden mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt und 1/2 Stunde gekocht, hierauf mit Natronlauge neutralisiert und das Ganze in heiße Fehlingsche Lösung eingetragen. Roter Niederschlag von Kupferoxydul. Umwandlung von Stärke in Zucker durch Kochen in verdünnter Schwefelsäure (Traubenzucker).

48. **Zellulose und Holzsubstanz.** Vgl. S. 12.

49. **Fette.** Rübensamen zerreibt man in der Reibschale und gibt Äther (oder Benzin) dazu. Erwärmen auf dem Wasserbad. Filtrieren! Eindampfen auf dem Wasserbad. Der Rückstand ist Fett. (Wenn eine Flamme nötig, dann äußerste Vorsicht!)

50. **Gerbstoffe.** Eichenrinde, -blätter oder Tee werden abgekocht und das Filtrat mit Eisenchlorid versetzt. Blauschwarzfärbung.

51. **Eiweiß.** Von den gequollenen Lupinensamen machen wir dünne Querschnitte. Jodkaliumlösung färbt sie braun; Salpetersäure und Ammoniak färbt zitronengelb.

52. **Rohaschegehalt.** Blätter werden im Trockenschrank (oder Sonne) getrocknet, zerschnitten und an der Luft liegen gelassen. Gewichtsverlust. Wir nehmen einige Gramm der Blätter, bringen sie in den Porzellantiegel und erhitzen, jedoch nicht so hoch, daß die Asche glüht. Gewicht der Rohasche.

Zweiter Teil.

ZOOLOGIE.

Anatomischer Kursus.

Urtiere *(Protozoa)*.

Wurzelfüßer *(Rhizopoda)*.

Wechseltierchen *(Amoeba)*.

Fundorte: Feuchte Erde, modernde Blätter.

Kulturen: In reinen Gläsern stellt man sich Aufgüsse von trockenen Blättern her und läßt das Ganze bei Zimmertemperatur oder noch besser bei 20—25° stehen. Nach einigen Tagen kann man in der Regel auf reiches Material rechnen. Die Gefäße sind in solchen Fällen stets mit einer Glasplatte zu bedecken.

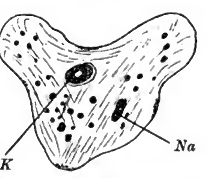


Abb. 50. *Amoeba blattae.* *K* Kern, *Na* Nahrungskörper. Nach Bütschli aus Doflein.

Von den parasitisch lebenden Amöben kann man sich aus dem Enddarm der Küchenschabe *Amoeba blattae* (Abb. 50) verschaffen, indem man diesen herauspräpariert, auf einem Objektträger in einem Tropfen physiologischer Kochsalzlösung zerzupft und die Darmwände entfernt. (Deckglas, mittlere Vergrößerung.)

Um sich einen Vorrat von Protozoen (in erster Linie Pantoffeltierchen) zu sichern, übergießt man möglichst frisches Wiesenheu (auf einige reine Glasgefäße verteilt) mit klarem Sumpf-, Pfuhl- oder Teichwasser. Auf eine reiche Entwicklung kann man auch rechnen, wenn man Schlamm, Blätter und andere Pflanzenreste aus eingetrockneten Tümpeln oder Gräben nimmt. Nun sind wir sicher, daß in 1—2 Wochen ganze Schwärme von Infusorien, namentlich von Pantoffeltierchen (Paramaecien) sich vorfinden, und zwar sammeln sie sich besonders unter filzigen, kahmartigen Häutchen der Oberfläche an. Häufig finden sich auch Amöben darunter, die man

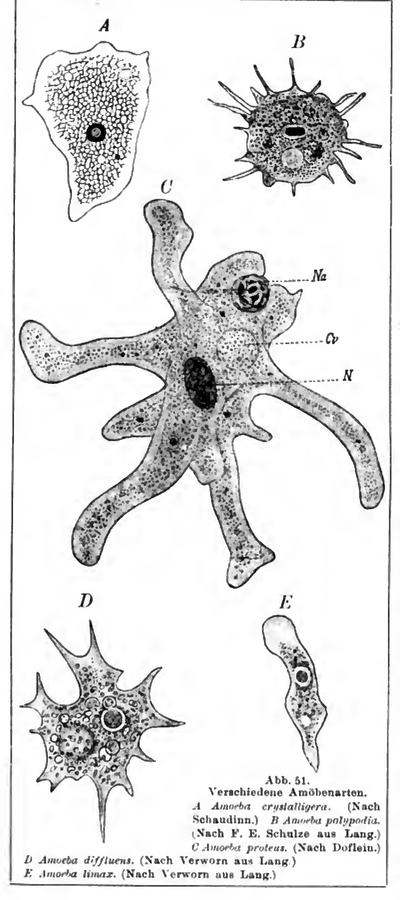


Abb. 51.
Verschiedene Amöbenarten.
A Amoeba crystalligera. (Nach Schaudinn.) *B Amoeba polypodia.* (Nach F. E. Schulze aus Lang.) *C Amoeba proteus.* (Nach Doflein.) *D Amoeba diffluens.* (Nach Verworn aus Lang.) *E Amoeba limax.* (Nach Verworn aus Lang.)

dadurch am besten sich herausholt, daß man ein Deckgläschen vorsichtig auf die Wasseroberfläche legt und dieses nach einiger Zeit ebenso vorsichtig mit der Pinzette wieder wegnimmt. — Die meisten Paramaecien sterben bald ab, dafür finden wir in dem inzwischen faul gewordenen Wasser andere Formen in Menge.

Man gewöhne sich bald daran, diese verschiedenen einzelligen Organismen möglichst mit freiem Auge zu sehen, und unter dem Mikroskop suche man stets zuerst mit schwacher Vergrößerung.

Durch das Herausnehmen der Amöbe aus dem Gefäß haben eine Reihe von mechanischen Reizen auf sie eingewirkt. Infolgedessen hat sie zunächst Kugelform angenommen, aus der sie erst nach etwa $^1/_4$ Stunde wieder heraustritt. Sonnenlicht begünstigt die Bewegung. Wir versuchen in ihrem

Protoplasma den Zellkern zu beobachten, was mitunter schwerfällt, weil er dasselbe Lichtbrechungsvermögen wie dieses hat. (Man benutzt zweckmäßig eine enge Blende.) Unsere Beobachtungen erstrecken sich auf die Ortsbewegung („aktives Fließen"), die Nahrungsaufnahme und, wenn die Umstände günstig sind, auf die Teilung. Abb. 51 zeigt uns verschiedene Amöbenarten.

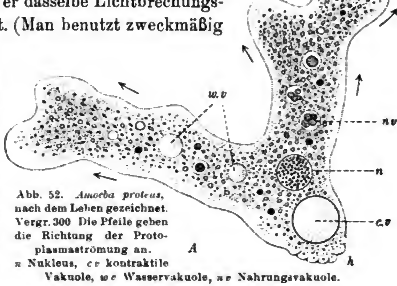


Abb. 52. *Amoeba proteus*, nach dem Leben gezeichnet. Vergr. 300 Die Pfeile geben die Richtung der Protoplasmaströmung an. *n* Nukleus, *cv* kontraktile Vakuole, *wv* Wasservakuole, *nv* Nahrungsvakuole.

Ortsbewegung. Die Bewegung beginnt mit einer Vorwölbung irgendeines Teiles der Oberfläche; ein stumpfer Lappen schiebt sich vor, um allmählich zu einem fingerförmigen Fortsatz auszuwachsen. (Scheinfüßchen oder Pseudopodien.) In diesen Fortsatz strömen kleine, im Protoplasma zerstreut liegende Körnchen hinein, um am Rande wieder zurückzufließen. Wird dieses Scheinfüßchen eingezogen, so entsteht an irgendeiner Stelle dafür ein anderes oder mehrere derselben. Vgl. Abb. 52.

Nicht immer sind die Umstände so günstig, daß man die Nahrungsaufnahme verfolgen kann, hingegen sind die Bewegungen der kontraktilen Vakuole, welche die Flüssigkeitsansammlungen nach außen befördern, gut zu beobachten.

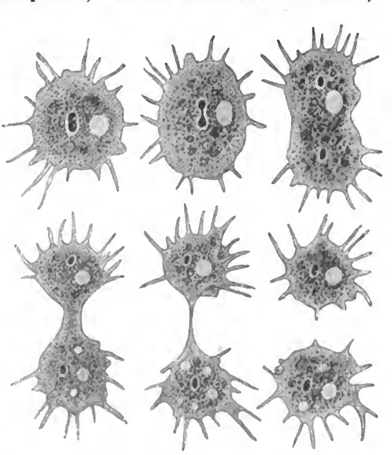


Abb. 53. Teilung einer Amöbe.

Aus Abb. 53 ist der mehrere Stunden andauernde Teilungsvorgang von der Kernteilung bis zur vollständigen Trennung in zwei Individuen zu ersehen.



Abb. 54. *Euglena viridis Ehrbg* *Ch* Chromatophoren, *N* Korn, *B* Binnenkörper, *cv* kontraktile Vakuole mit zuführenden Bläschen, *R* Reservoir, *S* Stigma. (Nach Doflein.)

Geißeltierchen *(Flagellata)*.

Fundstellen: In Tümpeln, faulenden Wässern, namentlich in grünbezogenen Pfützen und Teichen.

Einige ernähren sich „tierisch“, andere nach Art der Pflanzen, wieder andere verbinden beide Arten der Ernährung.

Augentierchen *(Euglena)*. Diese Organismen zersetzen wie die Pflanzen mit Hilfe ihres Chlorophylls Kohlendioxyd und bilden gleich diesen Stärke, bzw. Paramylum; der Zellmund (unterhalb der gewöhnlich schwer sichtbaren, rasch schwingenden, zur Fortbewegung wie zum Herbeistrudeln der Nahrung dienenden Geißel) deutet dagegen auf tierische Ernährung hin. Abb. 54 zeigt uns eine Euglene. Der rote Pigmentfleck ist wahrscheinlich ein lichtempfindliches Organ. Um die lebhaft bewegte Geißel gut zu sehen, oder überhaupt die Bewegungen unserer oder anderer ähnlicher Organismen zu verlangsamen, erwärme man in einem Becherglas eine 3%ige Gelatinelösung schwach und gebe sie zu den im Wasser befindlichen Tieren.

Die bekannteste Euglene ist *Euglena gracilis.* Euglenaformen wachsen auf Gelatine und anderen Nährlösungen. So wird beispielsweise empfohlen:

0,5 Pepton, 0,5 Traubenzucker, 0,2 Zitronensäure, 0,02 $MgSO_4 + 7\,H_2O$, 0,05 KH_2PO_4, 100 Wasser.

Aufgußtierchen *(Infusoria)*.

Pantoffeltierchen *(Paramaecium)*. Außer den bereits erwähnten Kulturen erhält man Paramaecien, indem man Teichmuscheln (oder deren Kiemen oder Fuß) ein paar Tage im Wasser liegen läßt.

Die ganze Oberfläche ist mit Zilien bedeckt. Weil es sich um eine feste Zellwand handelt (Cuticula oder Pellicula Pel), machen

sich auch eigene Öffnungen für Aufnahme und Abgabe von Stoffen nötig. Zellmund und Zellafter. Neben einem verhältnismäßig großen, verschieden geformten Kern (Makronukleus) sehen wir einen bedeutend kleineren Nebenkern (Mikronukleus). Ferner sind zwei pulsierende Vakuolen vorhanden, die, nachdem sie stark angeschwollen sind, ihren Inhalt nach außen abgeben. Die Nahrung wird durch die Bewegung der Wimpern in den Mund gestrudelt, Unverdautes wird durch den Zellafter ausgestoßen. Über die Bedeutung der sog. Trichozysten (stäbchenförmige Gebilde) ist man sich noch nicht klar, sie können auch fehlen (Abb. 55).

Eine Spur Jodlösung macht den Kern des sich lebhaft bewegenden Tieres sichtbar, ebenso verdünnte Schwefelsäure.

Abb. 55. *Paramaecium caudatum.* Schematisiert nach Lang (verändert).
Mn Makronukleus, *mn* Mikronukleus, *c V* kontraktile Vakuole, *N V* Nahrungsvakuole, *Z* Zellmund, *S* Schlundöffnung, *Tr* Trichozysten, Pellicula (Cuticula).

Glockentierchen ***(Vorticella).*** Fundstellen: In Wasser hängende Zweige oder Wurzeln (weißer Überzug), an Algen und verschiedenen anderen Wasserpflanzen, bisweilen auf Tieren (Schwimmkäfern, Gehäusen von Wasserschnecken), als Schimmelpilz über leichte Überzüge.

Ähnlich der Amöbe verharren unsere Vorticellen (Abb. 56) infolge mechanischer Reize zunächst vollkommen in Ruhe. Allmählich erheben sie sich auf ihren leicht zusammenziehbaren Stielen unter gleichzeitiger

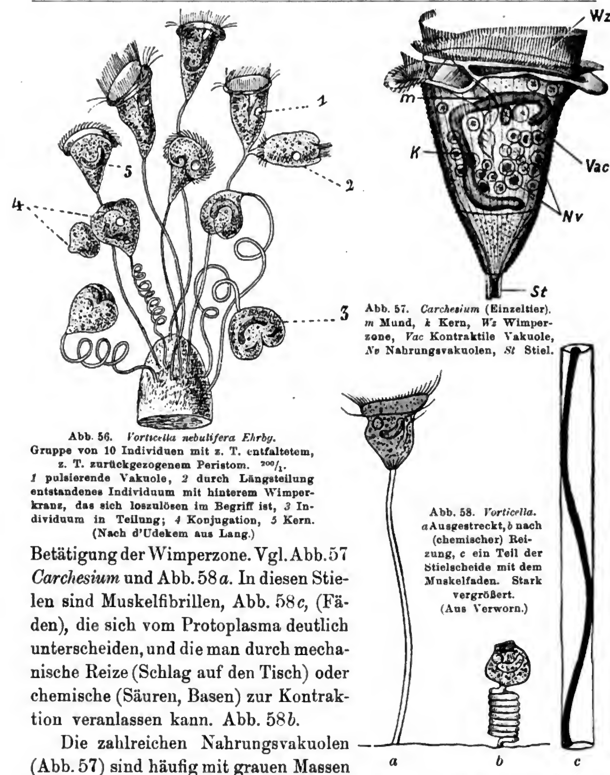


Abb. 56. *Vorticella nebulifera Ehrbg.* Gruppe von 10 Individuen mit z. T. entfaltetem, z. T. zurückgezogenem Peristom. 200/1. *1* pulsierende Vakuole, *2* durch Längsteilung entstandenes Individuum mit hinterem Wimperkranz, das sich loszulösen im Begriff ist, *3* Individuum in Teilung; *4* Konjugation, *5* Kern. (Nach d'Udekem aus Lang.)

Abb. 57. *Carchesium* (Einzeltier). *m* Mund, *k* Kern, *Wz* Wimperzone, *Vac* Kontraktile Vakuole, *Nv* Nahrungsvakuolen, *St* Stiel.

Abb. 58. *Vorticella.* *a* Ausgestreckt, *b* nach (chemischer) Reizung, *c* ein Teil der Stielscheide mit dem Muskelfaden. Stark vergrößert. (Aus Verworn.)

Betätigung der Wimperzone. Vgl. Abb. 57 *Carchesium* und Abb. 58*a*. In diesen Stielen sind Muskelfibrillen, Abb. 58*c*, (Fäden), die sich vom Protoplasma deutlich unterscheiden, und die man durch mechanische Reize (Schlag auf den Tisch) oder chemische (Säuren, Basen) zur Kontraktion veranlassen kann. Abb. 58*b*.

Die zahlreichen Nahrungsvakuolen (Abb. 57) sind häufig mit grauen Massen (Bakterien) gefüllt. Um die Nahrungsaufnahme zu sehen, bringt man zu einem frischen Präparat (Objektträger) einen Tropfen Karminlösung, legt ein Deckglas auf und saugt mit einem Fließpapier am entgegengesetzten Deckglasrande etwas ab, so daß die Lösung vordringt. Die Karminkörnchen (schwache Vergrößerung) werden rasch in den Zellenschlund geschleudert und die Nahrungsvakuolen füllen sich.

Pflanzen- oder Hohltiere *(Coelenterata)*.

Süßwasserpolyp *(Hydra)*.

Fundort: An Wasserpflanzen klarer Gewässer. Häufig auch in Aquarien. — Die *Hydra (viridis, grisea* oder *fusca)* wird ein paar Tage in einem feinen mit etwas Wasserpest versehenen Wasserglase, wo wir eine größere Anzahl von Exemplaren untergebracht haben, beobachtet. Knospung, Loslösen von jungen Tieren und Festsetzen derselben an der Glaswand. Die Tiere werden mit kleinen Krebschen ernährt.

Wir nehmen eine *Hydra* und betrachten das becherförmige Tier bei schwacher Vergrößerung und ohne Deckglas unter dem Mikroskop. Hierauf legen wir ein Deckgläschen mit Wachsfüßchen darauf, bzw. wir bringen unter das Gläschen ein paar Borsten.

Der Körper wird von dem Mauerblatt und dem Fußblatte gebildet. Das von Tentakeln umstellte Mundfeld erhebt sich rüsselförmig und läßt den in den Gastralraum führenden Mund sichtbar werden.

Abb. 59. Schema eines der Länge nach aufgeschnittenen Süßwasserpolypen *(Hydra)*. *1* äußeres Keimblatt, *2* Stützlamelle, *3* inneres Keimblatt, *4* Arm, *4'* ein solcher der Länge nach aufgeschnitten, *5* Fortsetzung des Darmraums in den Arm.

Feststellen von zwei Körperschichten Ektoderm und Entoderm, äußeres und inneres Keimblatt. Vgl. hierzu Abb. 59. (Letzteres bei der *H. viridis* mit grünen Algenzellen durchsetzt.) Dazwischen befindet sich die sog. Stützlamelle. Dieselbe Beobachtung machen wir an den Tentakeln; die beiden Schichten sondern sich deutlich voneinander ab. Dazu sehen wir in verschiedenen Ektodermzellen lichtbrechende Körperchen, die Nes-

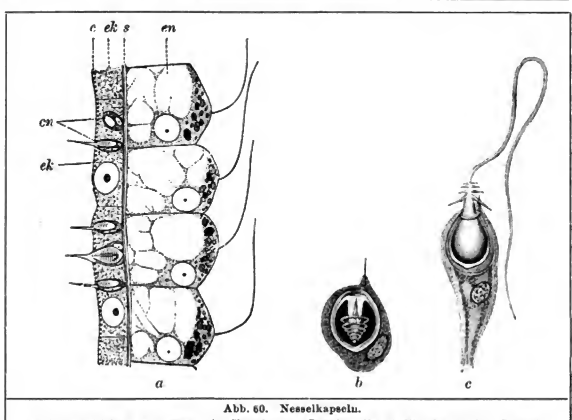


Abb. 60. Nesselkapseln.
a Körperschichten von *Hydra* (*en* Entoderm, *s* Stützlamelle, *ek* Ektoderm mit *c* Cuticula, *cn* Nesselkapseln).
b und *c* Isolierte Nesselkapseln (*b* Faden eingerollt, *c* herausgeschleudert).

selkapseln. (Abb. 60 *a b c*.) Das Ausschleudern der Nesselfäden ist gut zu beobachten, wenn man zu dem unter dem Deckglas liegenden Tier einen Tropfen 5%iger Essigsäure zufließen läßt. (Mittelstarke Vergrößerung!) Die Fäden schießen hervor, und man betrachte diese am besten bei etwas abgeblendetem Licht! Nicht selten finden sich auf der *Hydra* bewimperte Infusorien.

Würmer *(Vermes)*.

Der Regenwurm *(Lumbricus terrestris)*.

Beobachtungen am lebenden Tiere. Wir lassen den Wurm über Fließpapier kriechen. Geräusch der Borsten. (Zwei dorsale und zwei ventrale Paare. Lupe!) Beobachtung der beim Kriechen zum Kopfe laufenden Kontraktionswellen; Drängen der Leibesflüssigkeit nach vorne. Beobachtung der Muskulatur während des Kriechens. (Ring- und Längsmuskulatur.) Die Mundöffnung ist bauchwärts verschoben und von einem Kopflappen überragt.

An der Bauchseite sind die punktförmigen Geschlechtsöffnungen zu sehen, die beiden männlichen im 15., die beiden weiblichen im 14. Seg-

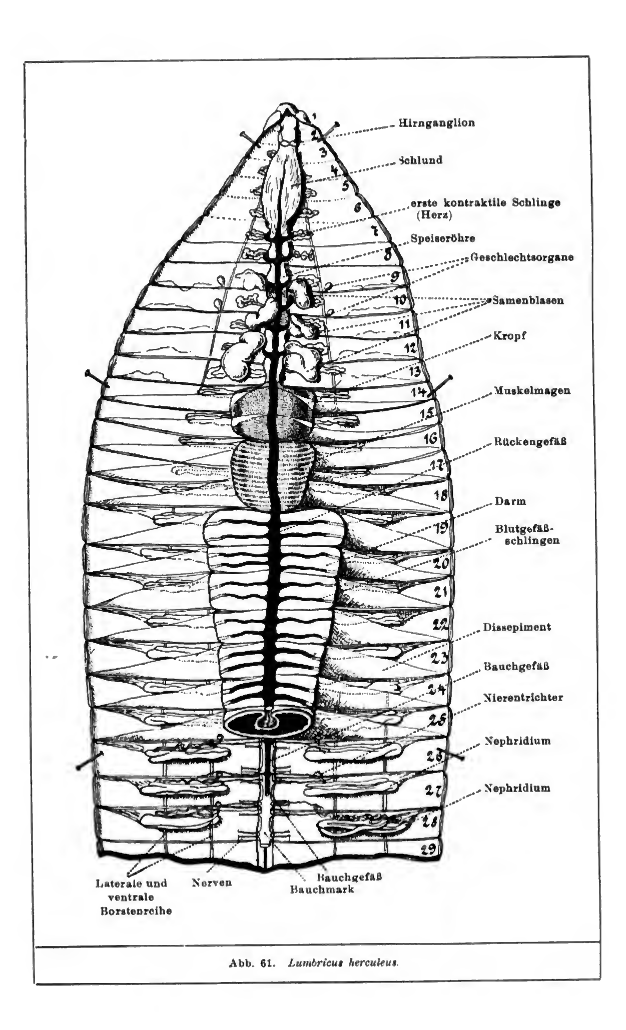


Abb. 61. *Lumbricus herculeus.*

ment. (Zwitter.) Der Sattel, eine drüsige Hautverdickung, reicht vom 32. bis zum 37. Segment.

Der Wurm wird in etwa 10%igem Alkohol getötet. Feststecken im Becken mit der Rückenseite nach oben. Die zur Befestigung des Tieres zu verwendenden Nadeln sind im 2.—4. Segment anzubringen, weil sonst das Gehirn verletzt werden könnte.

Wir schneiden den Wurm von hinten anfangend auf (Hautschnitt), und zwar rechts oder links von der Mittellinie, um das durch die Haut gut sichtbare Rückengefäß zu schonen. Die Schnittränder werden mit der Pinzette vorsichtig auseinandergezogen und sodann mit Nadeln festgesteckt. Zwischen dem Hautmuskelschlauch und dem Darm liegt die Leibeshöhle, welche durch quer verlaufende, den Segmenten entsprechende Scheidewände (Dissepimente) in Kammern abgeteilt wird. Der Darm durchbohrt jedes Dissepiment.

Der Darm. Die einzelnen Abteilungen der gerade verlaufenden gelbbraunen Darmröhre, die uns bei der Präparierung entgegentreten, sind der Schlundkopf (Pharynx), die Speiseröhre (Oesophagus), welche im hinteren Abschnitt jederseits drei Verdickungen mit Kalkeinlagerungen besitzt, der rundliche Kropf, der Muskelmagen und der eigentliche Darm mit leistenförmigen Verdickungen an der Innenseite seiner Dorsalwand (Abb. 61).

Aufschneiden des Darmes. Der Inhalt besteht aus Erdteilchen nebst pflanzlichen Stoffen, wie sie in der Ackererde sich finden. Je weiter nach hinten wir den Darm betrachten, um so feiner wird die Erde (Proben im Mikroskop!). Sie verläßt den Darm in fein zerriebenem Zustande.

Verfolgen wir das Blutgefäßsystem, wovon uns das auf dem Darm verlaufende Rückengefäß bereits bekannt ist, genauer, so erkennen wir (namentlich vom 7.—11. Segment), daß in jedem Segment zwei Paar dünne Gefäße mit Schlingen vom Rückengefäß abgehen, die sich an den Darm legen. Mündung in ein Längsgefäß, das sog. Bauchgefäß. An der Speiseröhre sehen wir fünf Paar starke Schlingen, als Herzen funktionierend. Im Rückenstamm strömt das Blut von hinten nach vorne, im Bauchgefäß in umgekehrter Richtung.

Die Sekretionsorgane (Nephridien) treten fast in jedem Segment paarweise auf. (Fehlen in den ersten Segmenten.) Ein solches Organ beginnt in einem vorderen Segment mit einem Wimpertrichter. Kurz vor der Mündung schwillt es zu einer Art Harnblase an. Herausnehmen eines Nephridiums und mikroskopische Betrachtung desselben.

Nervensystem. Es kommt zum Vorschein, wenn man den Darm herauspräpariert. Mit der Lupe ist zu sehen, daß die Ganglien, aber auch ihre Längsverbindungen dicht aneinanderliegen. Die beiden Stränge

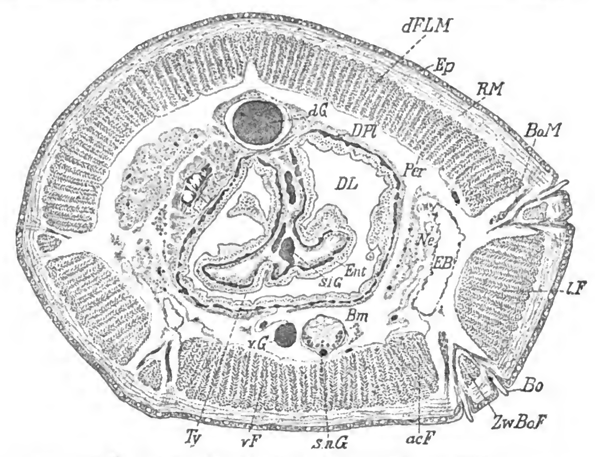


Abb. 62. Querschnitt durch einen Regenwurm. (Nach K. C. Schneider.) *Ep* Epidermis (Haut), *Bo* Borste, *Bm* Bauchmark, *RM* Ringmuskulatur, *BoM* Borstenmuskeln, *Ne* Nephridium, *EB* Harnblase, *dG* Rückengefäß, *vG* Bauchgefäß, *snG* Blutgefäß unter dem Bauchmark (Hyponeuralgefäß), *siG* Blutgefäß.

weichen vorn auseinander, umschlingen den Schlundkopf und vereinigen sich mit dem im Kopflappen liegenden paarigen Oberschlundganglion, dem Hirn. Strickleiternervensystem. Hierzu Abb. 61. Abb. 62 bringt einen Querschnitt durch den Regenwurm.

Rädertierchen *(Rotatoria)*.

Fundort: Im Plankton. In eintrocknenden Tümpeln, Gräben mit stehendem Wasser. Verschiedene Arten wie *Hydatina senta* (Abb. 63) halten sich im Aquarium, wenn es mit Algen bewachsen ist.

Reiner Objektträger. Deckglas mit Glasfüßchen und wenig Flüssigkeit. Mikroskopische Betrachtung. Am Vorderende das Räderorgan (Wimperkreuz), am Hinterende der Fuß mit zwei Fortsätzen.

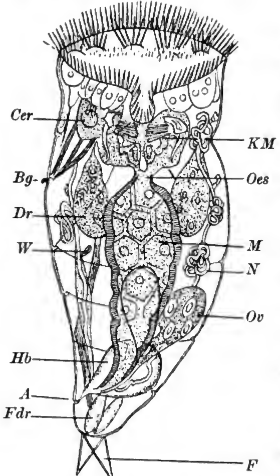


Abb. 63. *Hydatina senta* (nach E. Cohn) Rücken links, Bauchseite rechts, der Kopf (oben) so gedreht, daß die Mundöffnung sich nicht am rechten Rande (d. h ventral), sondern in der Mitte der Figur befindet. Am Kopf die Wimpersäume (Räderorgan): *KM* Kaumagen, *Oes* Oesophagus, *M* Magen, *Dr* Drüsen, *A* After, *Cer* Zerebralganglion, *Bg* Borstengrube (Sinnesorgan mit dem Gehirn durch Nerven verbunden), *N* Längskanal der Protonephriden, *W* Endorgane der Protonephriden, *Hb* Harnblase, *Fdr* Fußdrüse, *F* zweigliederiger Fuß, *Ov* Ovarium.

V e r d a u u n g s o r g a n e: Mund, Kaumagen mit starkem Chitingerüst, eine Art Kauapparat, bewimperte Speiseröhre und ein weiterer ebenfalls bewimperter Magen, Enddarm.

E x k r e t i o n s s y s t e m. Nephridien, die teilweise geknäuelt in eine Harnblase enden. Kontraktion und Darmentleerung sichtbar.

N e r v e n s y s t e m: Ein unpaares dorsal und vorn gelegenes Ganglion und davon ausgehende Nerven.

G e s c h l e c h t s o r g a n e: Weibliches Tier. Großer Keimstock mit Eiern und Nährzellen. Ausgewachsene Eier mitunter am Ausführungsgang.

Weichtiere *(Mollusca)*.

Teichmuschel *(Anodonta)* und Flußmuschel *(Unio)*.

Beobachtungen am lebenden Tiere. Öffnen der Schale und Einbohren des Fußes in den Kies. Zurückziehen des Fußes und Schließen der Schalen bei Berührung. Gibt man einen feingepulverten Farbstoff (Zinnober) in das Wasser, so kann man beobachten, wie die Teilchen in die untere der beiden am Hinterende liegenden Öffnungen eingesogen werden. Diese untere Öffnung ist von stachelartigen, braungefärbten Erhebungen umgeben und dient zur Atmung; die dorsale hingegen ist die Kloakenöffnung und gibt u. a. das verbrauchte Atemwasser ab.

Die S c h a l e wird so betrachtet, daß die Rückenseite nach oben und das Vorderende nach vorn gerichtet ist. Dieses ist kurz abgerundet, das Hinterende hingegen ziemlich verlängert und zugespitzt. Die buckelförmige Erhebung an der Schale, der älteste Teil derselben ist der

Wirbel oder Scheitel. Beide Wirbel stoßen bei geschlossener Schale zusammen.

Die dunkleren Linien oder Furchen der Schale nennt man Wachstums- oder Jahresringe, die feineren, erhabenen Streifen Zuwachsstreifen.

Abb. 64. Flußmuschel.
K Kiemen, *M* Mund, *ML* Mundsegel, *F* Fuß, *M* Mantellappen, *S* Sypho

Im Innern zeigen die Schalen des (inzwischen getöteten) Tieres *(Unio)* das sog. Schloß. Zähne und Zahngruben ineinandergreifend. Ein Schloßband verbindet die Schalenhälften. Zwei Schließmuskeln, quer durch die Muschel ziehend, sind unweit vom Vorder- und Hinterende an den inneren Schalen angewachsen und bewirken den Verschluß. (Das Schloß ist namentlich bei der Flußmuschel gut ausgebildet.) Ein Querschnitt durch die Schale zeigt drei Schichten: die Perlmutterschicht, die Porzellan- oder Prismenschicht aus Kalkprismen gebildet, und die äußerste Schicht, die sog. Epidermis oder Cuticula.

Zerschneiden der Schließmuskeln vom Rücken aus und kräftiges Auseinanderbiegen der beiden Schalen. (Scharfes Messer, der Schnitt sei nicht zu tief.) Diesen liegen zwei Mantelfalten an, und auf letztere folgen zwei Blätter, die Kiemen. Zu innerst liegt der Rumpf. Die am vorderen Ende liegenden dreieckigen Hautlappen heißen Mundsegel (Vela). Vgl. Abb. 64, *ML*!

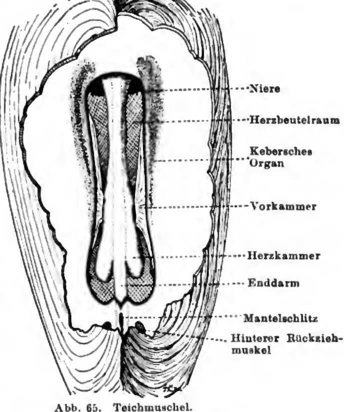


Abb. 65. Teichmuschel.
Schale vom Rücken aufgebrochen.

Entfernen des Tieres aus der Schale mittels des Skalpellstieles. (Am Rande beginnen! Die durchschnittenen Quermuskeln zerzupfen!) Lupe, Mikroskop!

Die Kiemen erweisen sich unter der Lupe gitterartig ge-



streift, und zwar ist das Gitterwerk von einem Flimmerepithel umkleidet. Mikroskop! Hinter dem Fuß verschmelzen die inneren Kiemenblätter zu einer Platte und trennen dadurch den entstehenden Hohlraum in zwei ungleiche Abschnitte, wovon der obere (Kloakalhöhle) klein, der untere (Atemhöhle) geräumig ist. Die innere Lamelle der Kiemenblätter ist z. T. frei, die äußere des äußeren Kiemenblattes haftet (mit ihrem Rande) fest dem Mantel an. Kiemenepithel (Mikroskop!).

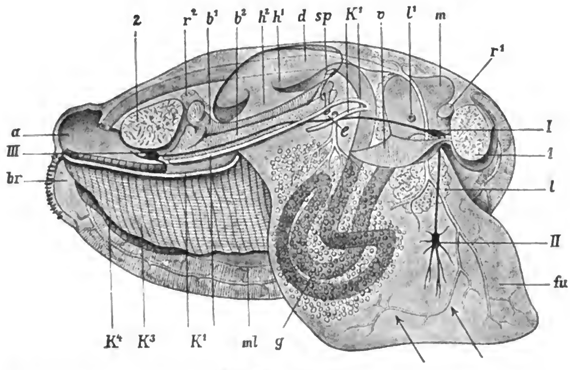


Abb. 66. Teichmuschel.
Mantel und Kiemen der rechten Seite entfernt. Herzbeutel geöffnet, Leber rechts entfernt. *1* vorderer, *2* hinterer Schließmuskel, *I* Zerebral-, *II* Pedal-, *III* Viszeralganglion, *a* Aftersypho, *br* Bronchialsypho, b^1 und b^2 Niere, *e* Mündung derselben nach außen. Geschlechtsöffnung. *sp* Nierenspritze, *d* Darm, h^1 Herzkammer, h^2 rechte Vorkammer, *g* Geschlechtsdrüse, *l* linke Leber, l^1 Mündung der rechten Leber, *m* Magen, *fu* Fuß, *ml* Mantellinie, r^1 und r^2 vorderer und hinterer Rückziehmuskel, K^1 Ansatz der beiden Lamellen des inneren rechten Kiemenblattes, K^3 innere linke, K^4 äußere linke Kieme, *v* Mundsegel.

Das Herz ist von einem geräumigen Herzbeutel umgeben. Vorsichtiges Öffnen desselben von der Rückseite aus (Abb. 65). Längsschnitt.

Die Herzkammer läuft in zwei Zipfel aus und steht in unmittelbarem Zusammenhang mit den beiden dreieckigen Vorhöfen. Das (in den Kiemen gereinigte) Blut gelangt von den Vorhöfen in den Hauptraum und von da wieder in den Körper. Die schwärzlichen Gebilde, welche unter dem Herzen sichtbar werden, sind die Nieren. Schneiden wir den rechten Mantellappen weg und entfernen wir vorsichtig die Kiemen, so wird der innere Kiemengang freigelegt. Von den beiden

sichtbar werdenden Öffnungen gehört die obere der Niere an, die untere ist die Geschlechtsöffnung.

Einführen einer Borste in die obere Öffnung und Verfolgen derselben mit einer Schere. Wir sehen in der Niere (Bojanussches Organ) ein weites schlauchartiges Organ von ansehnlicher Länge. Jede Niere besteht aus zwei Hohlräumen, einem oberen und unteren, wovon der letztere durch einen flimmernden Kanal, die sog. Nierenspritze, mit dem Herzbeutel zusammenhängt (Abb. 66).

Der Darm. Vom Fuß aus führen wir einen Medianschnitt durch den ganzen Körper. Nun gehen wir vom Mund aus, sehen im Anschluß daran, wie eine kurze Speiseröhre in den Magen führt (Aufschneiden desselben), und wie in einigen Windungen sich der Darm anschließt. Der Enddarm schimmerte schon bei der Präparierung des Herzens durch. Tatsächlich durchbohrt er den Herzbeutel wie das Herz, um hinter dem Schließmuskel zu münden. — Der Magen ist von der bräunlichen Leber umgeben.

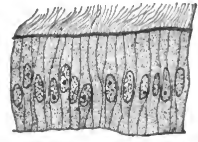


Abb. 67. Flimmerepithel aus dem Darm der Teichmuschel.

Um den Darm mehr zu schonen, kann man das Aufschneiden des Fußes von unten her umgehen. Man verfolgt den Darm vom Herz aus in der Richtung nach dem Magen und präpariert diesen aus der Leber heraus usf. Später schneidet man den Fuß seitlich auf.

Der Darm zeigt uns deutlich (Mikroskop!) ein charakteristisches Flimmerepithel[1]), die Oberfläche jeder Zelle ist von einer großen Menge Fäden bedeckt (Abb 67). Untersuchen des Darminhalts im Mikroskop.

Die Geschlechtsorgane (männlich oder weiblich) zeigen sich in der Umgebung des Darmes als mächtige drüsige Komplexe.

Nervensystem. Es handelt sich um drei Zentren: die Hirnganglien, die Pedal-(Fuß-)ganglien und die Viszeralganglien. Das Hirnganglion erweist sich als ein kleiner Körper, der unterhalb des vorderen Schließmuskels zu suchen ist, und zwar heben wir zu diesem Zwecke

1) Das Epithelgewebe schließt die Oberfläche des Tieres entweder nach außen ab oder es überzieht die Hohlräume im Innern des Körpers (Darm, Leibeshöhle, Luftröhre usw.). Während die oberflächlich gelagerten dem Schutze dienen (Deckepithel), haben die im Innern liegenden Epithelgewebe die Aufgabe, unbrauchbar Gewordenes zu entfernen oder Verdauungssäfte zu liefern (Drüsenepithel).

die seitlich vom Munde liegende Hautschicht ab. Durch einen Nervenstrang ist es mit dem Hirnganglion der anderen Seite verbunden. Das Viszeralganglion (paarig) ist unter dem hinteren Schließmuskel zu suchen, und das Pedalganglion (ebenfalls paarig) liegt im Vorderkörper in der Nähe des Fußes. Verfolgen der Nervenstränge.

Gliederfüßer *(Arthropoda).*

Der Flußkrebs *(Astacus fluviatilis).*

Äußere Betrachtung des lebenden Tieres im Wasser. Beobachtung seiner Bewegungen und der sämtlichen hierbei in Betracht kommenden Organe. Aufsuchen der Kiemen. — Das Tier wird auf den Tisch gelegt und beobachtet, wie es ausschreitet, und hernach in ein Aquarium getan, um zu sehen, wie es schwimmt. — Töten durch Chloroform.

Fortsetzung der äußeren Betrachtung. Der Panzer. Gliederung desselben in Kopfbruststück und Hinterleib. An ersterem erkennen wir in der Mitte eine Querfurche, die Nackenfurche, die Begrenzung des Kopfes nach hinten. Der Kopfabschnitt selbst läuft in einen zugespitzten Fortsatz aus (Rostrum); der Hinterleib setzt sich aus mehreren Segmenten zusammen. Aus wie vielen? Man versuche dieselben zu dehnen und ineinander zu schieben; sie sind beweglich miteinander verbunden.

Mit der Pinzette werden sämtliche Gliedmaßen der rechten Seite von hinten nach vorn abgetrennt und auf weißes Papier (Pappe) gelegt, bzw. gleich auf solches aufgeklebt. Dabei ist zu beachten, daß die einzelnen Teile mit der Pinzette möglichst tief, also an der Basis erfaßt werden.

Es sind folgende Teile zu beachten: Seitenteile des Schwanzfächers. (Die Mittelplatte desselben, auf deren Unterseite der After zu sehen ist, bleibt am Körper. Sie gilt als siebentes Hinterleibssegment.) Fünf Afterfüße (Spaltfüße mit Ausnahme des ersten Paares), welche zum Schwimmen und zu Fortpflanzungszwecken dienen. Fünf Schreitfüße (die fünf Brustgliedmaßen, von denen das erste eine Schere trägt). Drei Kieferfüße. Diese tragen fadenförmige Kiemen und finden bei der Nahrungsaufnahme Verwendung. Ihre Außenäste sind in lebhaftester Bewegung und erneuern dadurch das Atemwasser in den Kiemenhöhlen. (Der Panzer bildet zwei freie Kiemenhöhlen.) Zwei Maxil-

len[1]), eine Mandibel[2]) mit einer starken gezähnten Kaulade. (Betrachte Maxillen und Mandibel bei schwacher Vergrößerung unter dem Mikroskop!) Zweierlei Fühler oder Antennen. Vgl. Abb. 68. Im Basalteil der ersten befindet sich das „Hörgrübchen", wahrscheinlich ein Gleichgewichtsorgan. Hörborsten. Am äußersten Fühlerfaden (siebenter bis vorletzter Ring) Riechhaare. Mikroskop!

Innere Organisation.

Zerlegung des Tieres. Der Krebs wird mit der Bauchseite auf den Präparierteller gelegt. Lockern und Auftrennen der weichen Haut zwischen Kopfbruststück und Hinterleib und vorsichtiges Trennen an den Seiten rechts und links bis zur Kopfgegend. (Nicht nach unten stechen oder schneiden!) Mit der Schere führe man nun zwei parallele Schnitte bis fast zu den Augen und verbinde die beiden Schnitte durch einen transversalen. Ablösen des Mittelstückes von der weichen Unterlage, indem wir mit der Pinzette (linke Hand) das untere Ende erfassen und mit der rechten das Skalpell vorsichtig führen.

Parallel der dorsalen Mittellinie führe man ebenfalls zwei Schnitte und trage womöglich segmentweise die Panzerung des Schwanzstückes ab.

Das Ganze kommt nun unter Wasser.

Allgemeine Orientierung über die vor Augen liegenden Organe. Vgl. Abb. 69.

Das fünfeckig gestaltete Herz zeigt nach oben zwei Spalten (zwei weitere Paare sind uns nicht sichtbar). Nun verfolge man die dem Darm aufliegende Hinterleibsarterie und versuche sie loszuheben, ohne sie anzuschneiden. Rechts und links gehen Verzweigungen ab.[3])

Vom Darmapparat sehen wir außer dem bereits bezeichneten Enddarm den ansehnlichen Magen. Von diesem aus läßt sich leicht eine kurze, ventralwärts gerichtete Speiseröhre auffinden.

---

1) *maxilla,* Kiefer, Kinnbacken, 2. und 3. Mundgliedmaßenpaar der Gliederfüßer.

2) *mandibula,* Kinnbacken, von *mandere,* kauen. Hier Oberkiefer.

3) Der Kreislauf ist nicht ganz geschlossen. Von den Kiemen gelangt das arterielle Blut in den Herzbeutel und von da durch Spaltöffnungen in das Herz. Durch die Arterien geht es in den Körper, sammelt sich in Hohlräumen an und kommt in einen, auf der Bauchseite gelegenen Blutsinus und von da in die Kiemen.

Zunächst streben wir die Betrachtung des ganzen Darmsystems im Zusammenhang an. Wir entfernen das Herz und die Sexualorgane (Vorsicht, damit der Darm nicht abreißt!) und versuchen die Mündung der Leber in den Darm (hinter dem Kaumagen) aufzufinden. Die Leber ist durch vorsichtiges Hin- und Herbewegen des Skalpellstieles leicht zu entfernen.

Nach Abtragen der oberen Decke des Magens mit der Schere und Entfernung des schleimigen Inhalts sind die sog. Magenzähne (Chitin, „Kaumagen“) herauszunehmen. Im Falle sich „Krebsaugen“ (Ablagerungen von kohlensaurem Kalk) vorfinden, betupfen wir dieselben mit einem Tropfen Salzsäure. Aufbrausen. Endlich betrachten wir noch die Antennendrüse (grüne Drüse), welche an

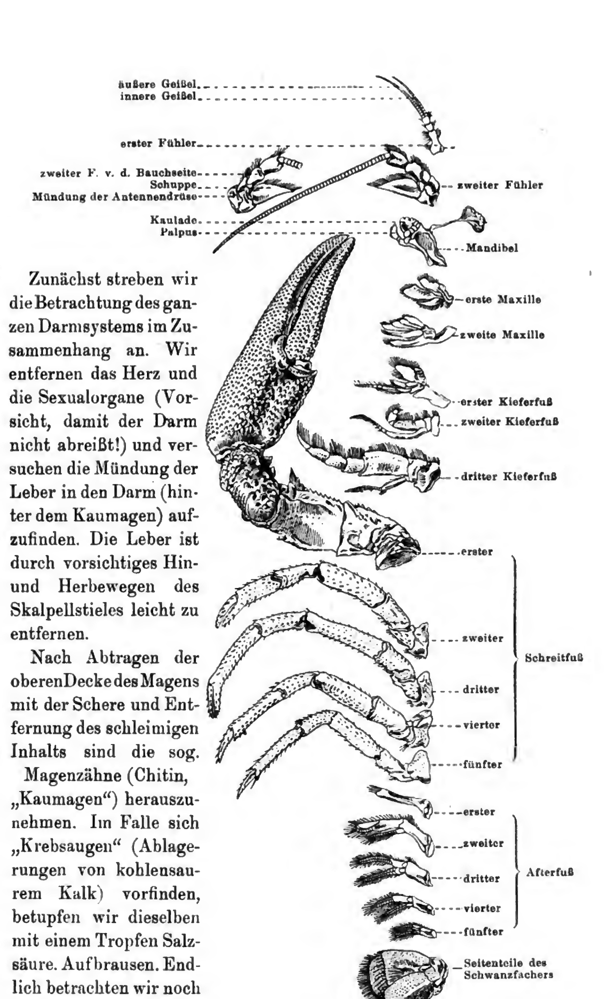


Abb. 68. Die Gliedmaßen des männlichen Flußkrebses.

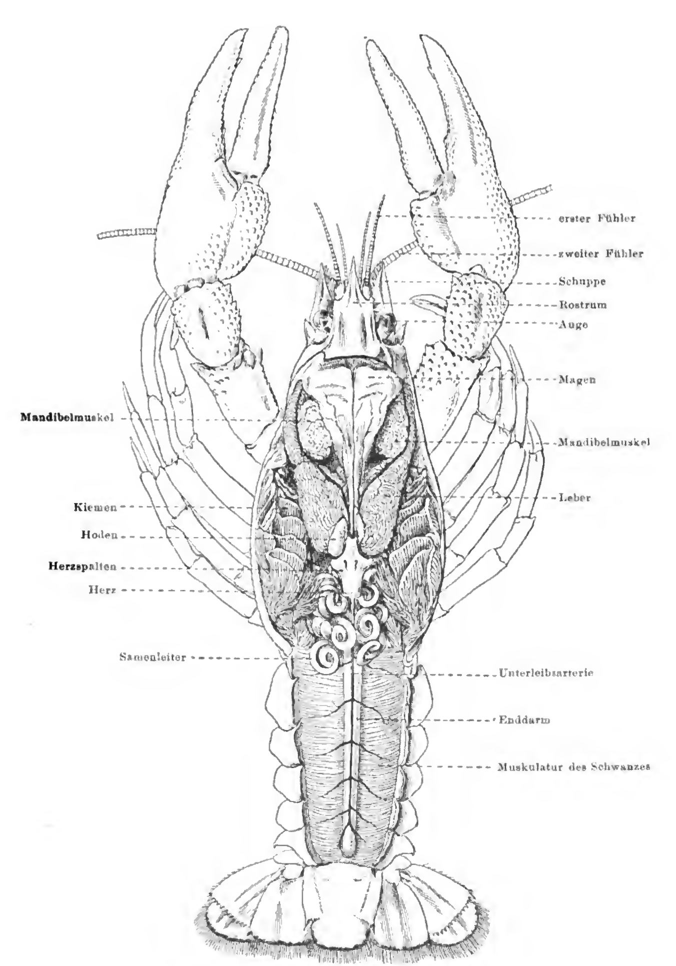


Abb. 69. Anatomie eines männlichen Flußkrebses

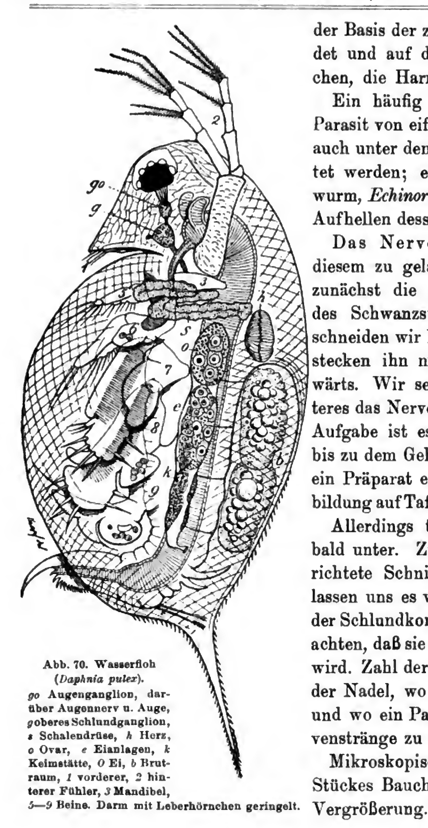


Abb. 70. Wasserfloh (*Daphnia pulex*). *go* Augenganglion, darüber Augennerv u. Auge, *g* oberes Schlundganglion, *s* Schalendrüse, *h* Herz, *o* Ovar, *e* Eianlagen, *k* Keimstätte, *O* Ei, *b* Brutraum, *1* vorderer, *2* hinterer Fühler, *3* Mandibel, *5—9* Beine. Darm mit Leberhörnchen geringelt.

der Basis der zweiten Antenne mündet und auf der ein kleines Säckchen, die Harnblase, sich befindet.

Ein häufig am Darm sitzender Parasit von eiförmiger Gestalt kann auch unter dem Mikroskop betrachtet werden; es ist das ein Kratzwurm, *Echinorhynchus polymorphus.* Aufhellen desselben mit Glyzerin.

Das Nervensystem. Um zu diesem zu gelangen, entfernen wir zunächst die gesamte Muskulatur des Schwanzstückes. Den Darm schneiden wir hart am After ab und stecken ihn mit einer Nadel seitwärts. Wir sehen jetzt ohne weiteres das Nervensystem, und unsere Aufgabe ist es nunmehr, dasselbe bis zu dem Gehirn zu verfolgen, um ein Präparat entsprechend der Abbildung auf Tafel I Fig. b zu erhalten.

Allerdings taucht es sozusagen bald unter. Zwei scharfe längsgerichtete Schnitte mit der Schere lassen uns es wieder auffinden. Bei der Schlundkommissur ist darauf zu achten, daß sie nicht durchschnitten wird. Zahl der Ganglien! Prüfe mit der Nadel, wo eine Verschmelzung und wo ein Parallellaufen der Nervenstränge zu verzeichnen ist!

Mikroskopische Betrachtung eines Stückes Bauchmark bei schwacher Vergrößerung.

Der Wasserfloh *(Daphnia pulex).*

Mit dem Planktonnetz werden einige Züge unternommen (Teich) und das reichliche Material einer mehr oder minder eingehenden Unter-

suchung unterzogen. Wir nehmen mit der Pipette eine der mit ihren Fühlern rudernden Daphnien aus dem Glase heraus und bringen sie unter das Mikroskop. (Wachsfüßchen oder Borsten!) Abb. 70 zeigt uns eine der bekanntesten Arten, *Daphnia pulex*.

Es ist zunächst die Zahl der sich eifrig bewegenden Beine festzustellen (4—6 Paare). Ferner sind zwei Paare von Fühlern vorhanden. Die Mundwerkzeuge bestehen aus Mandibeln und Maxillen, wovon letztere schwer sichtbar sind.

Das große, unpaare Auge (— zitternde Bewegung durch die Augenmuskeln bewirkt —) steht in deutlich sichtbarer Verbindung mit dem Ganglion opticum (*go*), dahinter liegt das (Gehirn) obere Schlundganglion (*g*). Ganglion opticum und Gehirn sind ebenfalls miteinander verbunden.

Von den inneren Organen betrachten wir zunächst das lebhaft pulsierende Herz (*h*). (2—4 Kontraktionen in der Sekunde.) Blutgefäße gehen vom Herzen nicht aus. Bei stärkerer Vergrößerung sieht man farblose Zellen (Blutzellen), die aus dem Herzen kommen und deren Weg man verfolgen kann. Des weiteren sehen wir den gewundenen, geringelten Darm (Ringmuskeln).

Geschlechtsorgane. Sehr ansehnlich ist die Schalendrüse *s*; die Eierstöcke (*O*) und Eianlagen sind ebenfalls deutlich zu sehen. (Eier mit Keimbläschen und Ölkugeln). Im Herbst männliche Tiere mit Hoden. *B* ist der Brutraum der Embryonen.

Die Mundteile der Insekten.

Wir unterscheiden kauende, leckende, saugende und stechende Mundgliedmaßen; die Grundform sind die kauenden.

Betrachten der kauenden Mundwerkzeuge der Küchenschabe oder der Heuschrecke unter der Lupe. Es wird der Kopf abgeschnitten und auf den Objektträger gebracht. Nach einer allgemeinen Orientierung sind die einzelnen Teile wie Oberlippe (Skalpell!), Kiefer, Unterlippe usw. mit der Pinzette herauszunehmen und in richtiger Lagebeziehung auf ein Stück Papier zu bringen. Betrachtung der Mundteile mit starker Lupe! Abb. 71 und 72.

Es handelt sich um folgende Gebilde: eine Oberlippe (gehört zum Kopf und ist keine Mundgliedmaße), zwei Oberkiefer oder Mandibeln (aus einem Stück bestehend), zwei Unterkiefer oder Maxillen, in mehrere Teile sich gliedernd (zweigliedriges Stammstück, äußere

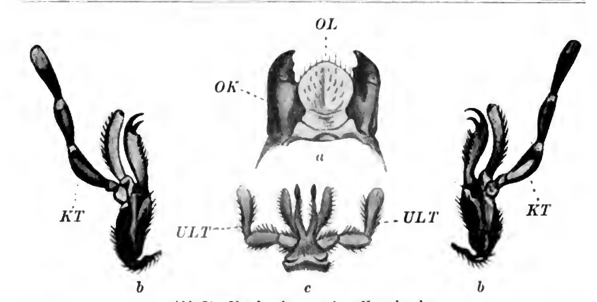


Abb. 71. **Mundwerkzeuge einer Heuschrecke.**
a **Oberkiefer (*OK*) und Oberlippe (*OL*), *b* Unterkiefer mit Kiefertastern (*KT*), *c* Unterlippe mit Unterlippentastern (*ULT*).**

und innere Kaulade, Unterkiefertaster), eine Unterlippe (Labium, II. Maxille) entspricht den verwachsenen zweiten Maxillen mit Unterlippentastern.

Leckende (auch saugende) Mundteile (Hummel oder Honigbiene). Frisches oder Alkoholmaterial, letzteres ist in kochendem Wasser erst aufzuweichen.

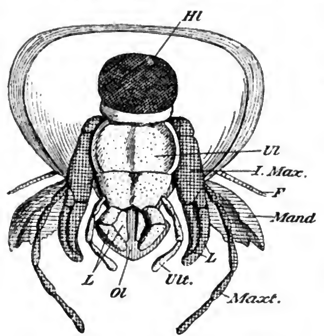


Abb. 72. Kopf der Grille (*Gryllus campestris L.*) von hinten, mit beißenden Mundteilen.
***Hl* Hinterhauptsloch, *Ol* Oberlippe, *Mand.* Mandibel, *I. Max.* vordere Maxille, *Maxt.* Maxillartaster, *Ul* Unterlippe, *Ult* Lippentaster, *L* Kauladen, *F* Fühler. Nach Muhr.**

Maxillen und Unterlippe (am Grunde verbunden) sind stark verändert. Das Tier kann sie leicht in die Länge strecken und bequem verpacken. Die Zunge ist unpaar und röhrenförmig. (Abb. 73.)

Saugende (schlürfende) Mundteile. (Schmetterling.) Kopf eines Schmetterlings. Betrachtung des mit der Pinzette aufzurollenden Rüssels mit freiem Auge, dann Lupe. Der uhrfederförmig aufrollbare Rüssel besteht aus zwei Halbrinnen, den Maxillen, bzw. deren Kauladen. Ober- und Unterlippe sind stark

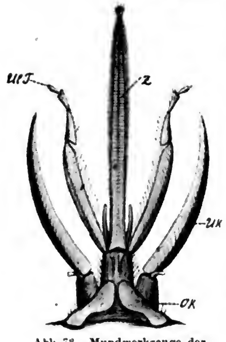


Abb. 73. Mundwerkzeuge der Honigbiene.
ULT Unterlippentaster, *Z* Zunge, *UK* Unterkiefer, *OK* Oberkiefer.

reduziert, die Mandibeln, bei den Raupen kräftige Beißzangen (Abb. 74), sind zu kleinen Höckern geworden.

Saugende und stechende Mundteile. Als Material kommt der Kopf vom Mückenweibchen in Betracht. Vergrößerung! Unterlippe und Oberlippe zeigen sich als langausgezogene Rinnen und zwar bildet letztere den dorsalen Verschluß der ersteren. Im Innern der Röhre die Stechborsten (Stilette), welche aus den Mandibeln und Maxillen hervorgegangen sind. Eine fünfte mitunter auftretende ist das Rudiment eines Kieferpaares. Abb. 75.

Der Gelbrand *(Dytiscus marginalis)*.

Äußere Körperform. Kopf, Brust, Hinterleib, Extremitäten. — Töten mit Chloroform.

Zergliederung des Kopfes. (Fadenförmige, elfgliedrige Fühler.) Mundteile. Zergliederung der Brust (Ansatzstellen der drei Beinpaare und des Hinterleibes). Deck- und Hautflügel, diese mit chitinigem Geäder (Tracheen, Nerven, Bluträume).

Die Beine. Flachgedrückte und mit Wimperhaaren versehene Hinterbeine. 1. Hüftglied *(Coxa)*, 2. Schenkelring *(Trochanter)*, 3. Oberschenkel *(Femur)*, 4. Schienbein *(Tibia)* und 5. Fuß *(Tarsus)*. Bei den Männchen sind an den Vorderfüßen die drei ersten Glieder erweitert, wodurch eine breite Scheibe (dichte Borsten) entsteht Dazu

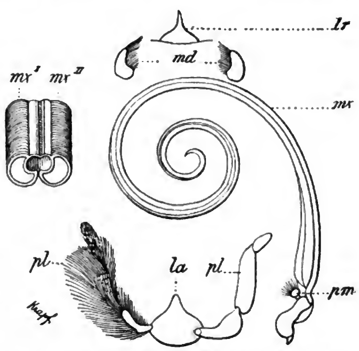


Abb. 74. Saugende (schlürfende) Mundgliedmaßen eines Schmetterlings.
mx, *mx*¹ und *mx*² linker und rechter Unterkiefer, *pm* Unterkieferlade, *md* Oberkiefer, *la* Oberlippe, *la* Unterlippe, *pl* Taster der Unterlippe.

kommen noch zwei runde gestielte Näpfe sowie eine Anzahl kleiner Napfscheiben.

Innere Anatomie. Mit der Schere werden zunächst die Flügeldecken an ihren Befestigungsstellen abgeschnitten, dann wird ein Schnitt rings um die Seiten des Tieres bis zum Kopfe geführt, so daß die Rückendecke bequem abgenommen werden kann. Es ist dabei größte Sorgfalt geboten, damit die Tracheen nicht angeschnitten werden. Feststecken des Tieres mit Nadeln und Aufheben der Rückendecke mit der Pinzette. (Tafel I, Kolbenwasserkäfer.)

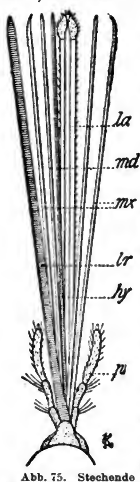


Abb. 75. Stechende Mundgliedmaßen einer weiblichen Mücke. Unterlippenrinne geöffnet und Stechborsten herausgenommen. *hy* fünftes Stilett (*Hypopharynx*). Die übrigen Bezeichnungen wie in Abb. 74.

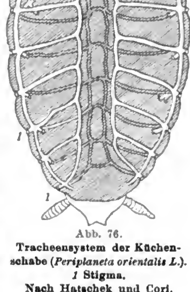


Abb. 76. Tracheensystem der Küchenschabe (*Periplaneta orientalis L.*). *1* Stigma. Nach Hatschek und Cori.

Das Herz wird in der Mittellinie des Hinterleibes (aufgehobene Decke) bald sichtbar und zwar als ein langgestreckter Schlauch (Kammern, Spaltöffnungen, Flügelmuskeln). Den Darm bringen wir, nachdem derselbe an einigen Stellen festgesteckt ist, zur Entfaltung. Schlund, Kopf, Muskelmagen, Chylusdarm (verdauender Darmabschnitt) mit Blindschläuchen, und Dickdarm mit vielen, als Exkretionsorgane fungierenden Röhren, den sog. Malpighischen Gefäßen.

Die Muskulatur ist besonders in der Brusthöhle stark entwickelt. Zerzupfen der Flügel- und Extremitätenmuskulatur (quergestreifte Muskeln).

Tracheen. Die Luft gelangt durch Stigmen, welche sich unter den Flügeldecken befinden, in die Tracheen. Allmähliche Verzweigung der Hauptstämme. Die einzelnen Organe werden von feinsten Röhrchen umsponnen und direkt mit Stauerstoff, also ohne Vermittlung

durch das Blutgefäßsystem, versehen. Mikroskopische Betrachtung von Tracheen aus verschiedenen Körperteilen. Vgl. Abb. 76, Tracheensystem der Küchenschabe.

Das Nervensystem, ein typisches Strickleiternervensystem, läßt sich mit der Lupe gut verfolgen. Das Gehirn ist kompliziert, die Brustganglien (Verschmelzung mehrerer) und die ersten Bauchganglien sind stark verdickt (Tafel I).

Die Geschlechtsorgange liegen unter dem Enddarm. (Tafel I.)

Wirbeltiere *(Vertebrata).*

Die Schleie *(Tinca vulgaris).*

Äußere Betrachtung. Schuppen, Flossen, Flossenstrahlen, Kiemendeckel. (Atmung.)

Öffnen des Tieres. Der Fisch kommt auf den Präparierteller (auf die rechte Seite legen!) und wird mit einigen Nadeln befestigt. Nun schneiden wir mit der Schere (unter Wasser) den Leib vom After bis zu den Kiemen auf. Ein zweiter Schnitt erfolgt vom After bis zur Höhe der Seitenlinie, an dieser entlang bis zum Kiemendeckel und von da nach abwärts, so daß ein ganzes Stück Muskulatur herausgeklappt werden kann. Wir entfernen auch noch den Kiemendeckel und führen den Schnitt auf der Unterseite bis zur Unterkieferspitze fort. Ein seichter Schnitt wird auf der Medianen der Rückenseite bis zur Oberkieferspitze geführt.

Es ergibt sich nach alledem ein Bild, wie wir es auf Tafel II sehen. Vor uns liegt die Schwimmblase, darüber, an der Wirbelsäule entlang laufend, die bräunliche Niere, ferner tritt bei unserem weiblichen Tier ein großer Eierstock (Ovarium) hervor. Darunter ist der Darm (mit einer gekrümmten Schlinge) von drei Leberlappen umgeben. In der Einbuchtung der Darmschlinge und des vorderen Teiles der Schwimmblase liegt die Milz (in nächster Nähe des ersten Leberlappens). Vor der Bauchfellwand sehen wir das Herz.

Präparierung der Eingeweide. Der Darm wird mit der Pinzette an der vorderen Schlinge angefaßt und mit der Schere das zarte Aufhängeband losgelöst. (Vorsicht, nicht anschneiden!) Nun verfolgen wir ihn bis zum Ende und stecken ihn mit Nadeln am Teller fest. Sodann gehen wir nach vorne und schneiden den Magen sowie die

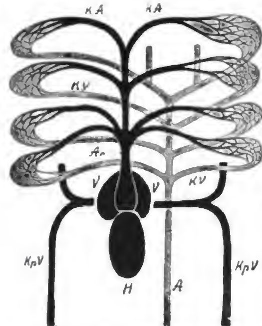


Abb. 77. Blutkreislauf der Fische, schematisch.
H Herzkammer, *V* Vorkammer, *Ar* Arterienstiel, *KA* Kiemenarterien, *KV* Kiemenvenen, *Kp V* Körpervenen, *A* Aorta.

Speiseröhre auf. Aufsuchen der Gallenblase und Entfaltung der Leberlappen. Milz.

Schwimmblase und Schlund sind durch einen Gang verbunden, welcher dicht hinter der Einschnürung (hintere Hälfte) mündet. Herausnehmen der Schwimmblase, wodurch die Nieren gut sichtbar werden. Nunmehr verfolgen wir die aus ihnen kommenden Harnleiter bis zu ihrer Mündung. Harnblase.

Das Herz, ventral gelegen und von dem sog. *Sinus venosus* überdeckt, besteht aus einer Vorkammer und einer Herzkammer. Diese entsendet vier Paar Kiemenarterien nach den Kiemen. (Vgl. Abb. 77 und Tafel VI, Hecht!)

Abtragen der Kiemen und Freilegen der Kiemenbogen. Die unteren Schlundknochen, das fünfte Kiemenbogenpaar, tragen Zähne. Herausnehmen eines solchen Schlundknochens.

Abtragen der Schädelhöhle und Herauspräparieren des Gehirns und zwar in der Weise, daß wir den nach vorn ziehenden Riechnerv verfolgen. Feststellen der einzelnen Gehirnpartien. (Vgl. Tafel II und VII, Forelle!)

Abb. 78. Längsschnitt durch die Wirbelsäule *a* eines Knochenfisches, *b* eines jungen Amphibiums.
Ch Chorda, *Kp* Knorpel, *Kn* Knochen.

Das Auge wird durchschnitten und die Linse herausgenommen.

Querschnitt durch den Fisch hinter der Leibeshöhle. (Messer.) Die Muskulatur erweist sich als aus mehreren Partien bestehend und zeigt konzentrische Schichtung. Vier große Längsbündel. Verfolgen dieser tütenartig ineinandersteckenden Muskeln, die

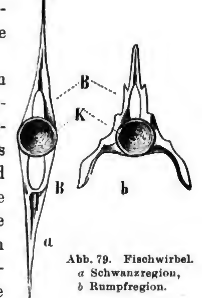


Abb. 79. Fischwirbel. *a* Schwanzregion, *b* Rumpfregion.

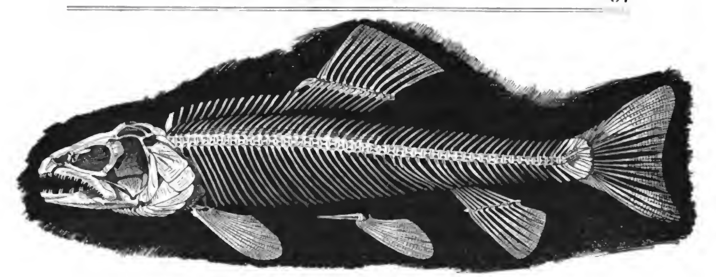


Abb. 80. Skelett von der Forelle (*Salmo fario L.*) Nach Vogt.

das Aussehen von Kegelmänteln haben. — Betrachtung von glatten und quergestreiften Muskeln unter dem Mikroskop; erstere bestehen aus einer einzigen Zelle, letztere enthalten viele Kerne und zeigen eine regelmäßige Querstreifung (einfach und doppelt brechende Teile).

Essigsäure und stark verdünnte Salzsäure bedingt einen Zerfall der gestreiften Muskelfasern in feinste Fäserchen (Fibrillen), Kalilauge einen solchen in Scheiben.

Die Geschlechtsorgane münden dicht hinter dem After.

Wir fahren nunmehr mit der Nadel in den Rückenmarkkanal und zwar nach vorne und nach hinten. Zucken des Körpers. Weitere Beobachtungen am Querschnitt. Aufsuchen der Chorda dorsalis. (Abb. 78). Dornfortsätze nach oben (Rückenmarkkanal bildend) und nach unten (in der Schwanzregion). Letztere umschließen einen Kanal, in welchem eine Arterie und eine Vene verlaufen. Abb. 79*ab*.

Skelettieren eines Fisches. Vgl. Abb. 80.

Der Frosch.

Der grüne Wasserfrosch *(Rana esculenta)* oder der braune Grasfrosch *(R. fusca)*.

Äußere Betrachtung: Färbung, Extremitäten, Daumenschwielen der Männchen, Schwimmhäute an den Hinterzehen. Hüpfbewegungen. Das mit wenig Wasser versehene Gefäß, in welchem die lebenden Frösche aufbewahrt werden, enthält abgetrennte Oberhautstücke. Diese einschichtigen Epidermisfetzen untersuchen wir im Mikroskop (einschichtiges Plattenepithel).

Abtrocknen des mit Chloroform getöteten Frosches mit einem Tuch. Man kann auch die Tiere enthaupten[1]) und den Rückenmarkkanal mit der Nadel zerstören. Öffnen des Mundes und Herausklappen der vorn angewachsenen, zweizipfeligen Zunge. Befühlen der Oberkieferränder (Zähnchen). Trommelfell. Nickhaut. Loses Aufliegen der Rückenhaut, bedingt durch mit Lymphe gefüllte Hohlräume. Aufheben derselben mit der Pinzette.

Befestigen der Gliedmaßen mit Nadeln (Tafel III).

Mit der Pinzette wird die Haut an der Bauchdecke erfaßt, etwas in die Höhe gezogen und mit der Schere ein kleiner (Quer-)Schnitt angebracht. Aufschneiden der Haut bis zur Spitze des Unterkiefers sowie an Armen und Beinen. Nun führen wir einen Scherenschnitt rings um den Hals aus. Um die auf der Rückseite liegenden Lymphsäcke zu sehen, schneiden wir vorsichtig die Rückenhaut auf. Zu beiden Seiten des Steißbeines zwei kontraktile Lymphherzen. Eine vollständige Enthäutung des Tieres läßt sich sehr leicht bewerkstelligen. Wir halten das Tier am Kopf und ziehen ihm die Haut womöglich mit einem Ruck ab. (Vorsicht, damit der Lymphdrüseninhalt nicht in die Augen spritzt!)

Wiederholtes Befestigen des Tieres, das wir mit Wasser bedecken. Wir erfassen mit der Pinzette die Bauchdecke (in der Nähe des Schambeines), führen einen Querschnitt aus und daraufhin einen Längsschnitt (immer die Decke hebend, damit die Eingeweide nicht verletzt werden), bis wir durch das Brustbein einen Widerstand erfahren. Abb. 81. Entweder Durchschneiden des Brustbeines oder Durchschneiden des Schultergürtels in der Nähe des Vorderarmes (Vorsicht, um das Herz nicht zu verletzen!). In diesem Falle schneidet man die Haut der Kehlgegend in der Mittellinie auf (Medianschnitt). Abheben der ganzen Muskulatur. Ausspülen des Präparates mit Wasser. Zungenbeinkörper und obere

---

1) Flimmerzellen der Gaumenschleimhaut. Schabt man mit dem Federmesser Graphitpulver von einem Bleistift auf die Gaumenschleimhaut (Abtrennen des Unterkiefers vom Oberkiefer) und bringt man den Staub an den vorderen Kieferrand, so wandern die Teilchen nach dem Hinterrande. Bringt man jedoch das Pulver auf den Hinterrand, so erfolgt keine Wanderung. Nun schneiden wir ein Stückchen der Schleimhaut heraus, geben ein paar Tröpfchen Kochsalzlösung hinzu (Objektträger) und bedecken es mit dem Deckglas. Die Flimmerbewegung ist am Rand deutlich sichtbar. (Der Versuch erfordert, daß der Frosch dekapiert wird.)

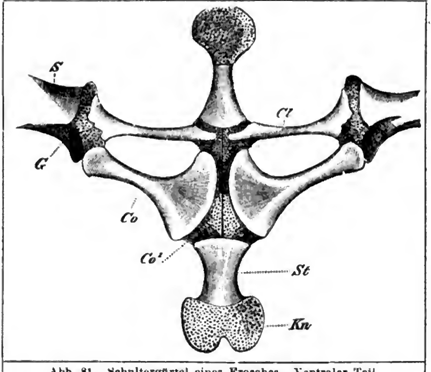


Abb. 81. Schultergürtel eines Frosches. Ventraler Teil. *St* knöchernes, *Kn* knorpeliges Brustbein, *S* Schulterblatt, *Co* Rabenschnabelbein, *G* Gelenkpfanne für den Oberarm, *Cl* Schlüsselbein.

und untere Zungenbeinbogen sind in der Kehlkopfgegend freigelegt worden.

Mit einem scharfen Schnitt durchschneiden wir die Schambeinfuge. Vorsicht, damit die Harnblase nicht zerreißt!

Das Eingeweidesystem. Die Lage der einzelnen Eingeweideteile ergibt sich aus Tafel IV. Es ist von vornherein darauf zu achten, daß Lunge, Leber (Gallenblase, Bauchspeicheldrüse), Milz und Harnblase vom Darm nicht abgetrennt werden, sondern bis zur Fertigstellung der Präparate mit demselben in Zusammenhang bleiben müssen. Die Lostrennung der Darmschlingen und Abtrennung der feinen Gewebe macht keine großen Schwierigkeiten. Es ist nun darauf zu sehen, daß der Darm nicht angeschnitten wird. Dieser nebst Anhangsorganen ist mit Nadeln zu befestigen.

Das Präparieren beginnt am zweckmäßigsten am oberen Ende der Speiseröhre. (Schönes Flimmerepithel.) Aufschneiden derselben sowie des Magens und Suchen nach Speiseresten, aus denen die mannigfache Ernährungsweise des Tieres leicht festzustellen ist. Ausspülen des Magens mit Wasser; die Muskulatur[1]) wird mit dem Finger befühlt.

Die Leber zerfällt in drei Lappen, in einen größeren rechten aus zwei Teilen bestehenden, einen seitlich und einen median gelegenen. Die dunkelgrüne Gallenblase wird ohne weiteres sichtbar, wenn man die Leberlappen nach vorne umklappt. Nunmehr suchen wir nach den

1) Abkratzen des Epithels und Zerschneiden des Magens in kleine Stücke, die man in 33%ige Kalilauge bringt. Schüttelt man nach einer halben Stunde, dann isolieren sich die Zellen (glatte Muskelfasern).

aus den großen Lappen entspringenden Lebergängen (3—4). Sie vereinigen sich mit den Ausführungsgängen der Gallenblase und münden zusammen in einem gemeinsamen Gang in den Darm. Auf dem Wege dorthin begegnen wir einer gelbbraunen, gelappten Drüse, der Bauchspeicheldrüse (Pankreas). Auch diese hat einen Ausführungsgang, und zwar mündet er in den eben erwähnten gemeinsamen Gang *(Ductus choledochus)*. Somit nimmt der Darm die Produkte von zwei Drüsen auf.

Wir kehren nunmehr zur Lunge zurück und suchen die kurzen Bronchien auf, welche in die Trachea übergehen. (Kehlkopf am oberen Ende.) Mit einem leicht einführbaren Glasröhrchen ist man imstande, die Lunge aufzublasen. Aufschneiden der Lungenflügel der Länge nach. Aufklappen und mit Nadeln befestigen. Die sich vorfindenden Parasiten *(Rhabdonema nigrovenosum)*, kleine, schlanke Würmchen, werden unter dem Mikroskop betrachtet. (Mitunter erste Furchungsstadien von Eiern zu sehen.)

Bei dieser Gelegenheit kann der Herzbeutel, eine feine, das Herz überziehende Haut, aufgeschnitten werden. Das Herz besteht aus einer Herzkammer und zwei Vorkammern. Erstere läßt das helle Blut durchschimmern, während die letzteren eine dunkelblaurote Farbe zeigen. Eine starke von der Hauptkammer aufsteigende Arterie *(Truncus arteriosus)* teilt sich bald in zwei Äste, und jeder von diesen gabelt sich wieder in drei Zweige. Klappen wir das Herz nach vorne um, so sehen wir den sog. Venensinus, in welchen drei Venen münden. (Vgl. Herz der Erdkröte auf Tafel VI!)

Den Kreislauf betrachten wir an den Schwimmhäuten eines mit Kurare gelähmten Tieres. Aufsuchen von Arterien und Venen. (Mikroskop).

Wir verfolgen nunmehr den Darm bis zum Ende. (Enddarm, Dickdarm.) Einführen einer mit Wasser gefüllten Pipette in die Kloake. Durch Hineinspritzen von Flüssigkeit vergrößert sich die Harnblase.

Der Enddarm wird aufgeschnitten und ein Teil des Inhalts auf den Objektträger gebracht. Es zeigen sich u. a. Parasiten, darunter große, bereits mit freiem Auge sichtbare, vielkernige Infusorien, von Wimpern umgeben, *Opalina ranarum* (Abb. 82).

Die Nieren senden zwei Harnleiter in die Harnblase.

Geschlechtsorgane. Am weiblichen Tiere fallen uns vor allem die beiden namentlich im Frühjahre stark entwickelten Ovarien (Eierstöcke) auf. Durchschimmern der grünlich-schwärzlichen Eier. Die Ei-

leiter (sehr bald quellend) sind von beträchtlicher Länge. Maßangabe! Verhältnis zur Körpergröße. Die männlichen Tiere haben ein paar mit großen Fettlappen versehene Hoden.

Entfernt man diese sowie die ganzen Eingeweide, so sieht man, wie aus der Wirbelsäule (an dieser weiße Kalksäckchen) die Spinalnerven austreten. Wir verfolgen mit Schere und Nadel die in die Arme und Hinterextremitäten abzweigenden starken Stränge (Taf. V).

Aufschließen des Gehirns. Durch einen flachen Scherenschnitt kann die Schädeldecke mit Hilfe der Pinzette abgehoben werden, und das Gehirn liegt vor uns. Vgl. Tafel VII! (Herausnehmen des Gehirns und Betrachten desselben von der Unterseite aus.) Wir sehen folgende Abschnitte: Ein paariges Vorderhirn (Großhirn) mit dem davon abgehenden Riechlappen *(Lobus olfactorius)*, das Zwischenhirn, das paarige Mittelhirn (unserer Vierhügelmasse entsprechend), das Hinterhirn (Kleinhirn und das Nachhirn oder verlängertes Mark).

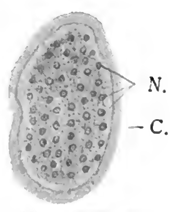


Abb. 82. *Opalina ranarum* aus dem Enddarm des Frosches. *C* Wimpern, *N* Kerne.

Einfache Zerlegung des Auges. Die Nickhaut bringen wir in physiologische Kochsalzlösung zwecks mikroskopischer Untersuchung (Schleimdrüsen).

Hinsichtlich des Skeletts vgl. Taf. IX: Schnitte durch den Oberschenkelkopf mit dem Rasiermesser.

Es handelt sich um einen hyalinen Knorpel, den wir nach Zusatz von Kochsalzlösung im Querschnitt mikroskopisch ansehen. Die körnig kristallisierten Kalksalze der tieferen Schichten lösen sich durch Zusatz von Salzsäure auf.

Die Haustaube *(Columba domestica)*.

Äußere Betrachtung des Tieres. Oberschnabel (Wachshaut), Nasenlöcher. Unterschnabel. Auge (Pupille, Iris), Nickhaut. — Trommelfell. — Fuß. Zehen.

Federn. Kontur- und Flaumfedern Konturfedern: Steuerfedern, Schwungfedern (Handschwingen, Armschwingen und Schulterfittiche). Am Daumen der Eckflügel. Regelmäßige Anordnung der Deckfedern (beim Rupfen sichtbar) in „Fluren". (Hauptsächlich am Rumpfe zu beobachten.) Die federlosen Stellen dazwischen heißen „Raine". Abb. 83.

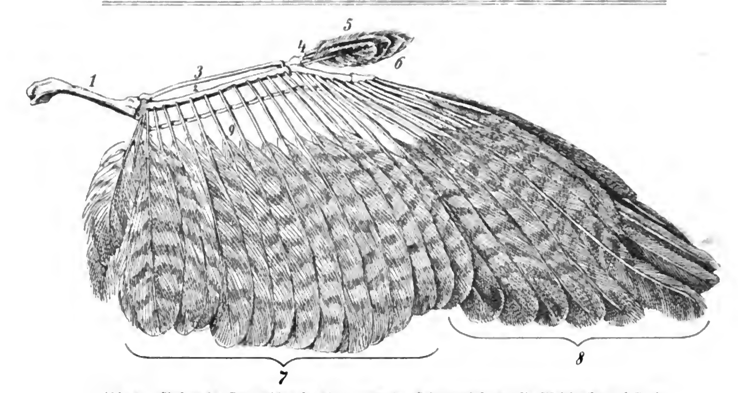


Abb. 83. Skelett des Bussardflügels mit ansetzenden Schwungfedern; die Weichteile und Deckfedern sind fortgenommen.
1 Oberarm, 2 Elle, 3 Speiche, 4 Daumen, 5 Daumenfittich, 6 zweiter Finger, 7 Armschwingen, 8 Handschwingen, 9 Band, das die Spulen der Schwungfedern verbindet.

Einzelne Konturfeder: Spule, Schaft. Seitliche Äste, Nebenäste (mit Häkchen). Abb. 84.

Zerlegung des Tieres. Abschneiden des Laufes (Mittelfuß) und Bewegen der Zehen mittels der aus dem Lauf herausragenden Sehnen. Befestigen der auf der Rückenseite liegenden Taube mit starken Nadeln, welche durch Beine, Flügel und Schnabel gehen. Aufschneiden der Haut (Messer!) in der Medianlinie neben dem Brustbeinkamm. Fortführen des medianen Schnittes einmal den Hals entlang bis zum Schnabel und sodann nach hinten bis zur Kloake. Abpräparieren der Haut.

Durchschneiden der Brustmuskeln rechts und links des Kammes und Abheben derselben. Mit einer Schere wird nunmehr das ganze Brustbein entfernt, indem wir am hinteren Rande beginnen und die Rippen in den Gelenken (Befühlen derselben mit dem Finger!) durchschneiden. Gehen wir nunmehr mit der Schere rechts und links bis zum Schultergürtel vor, dann können wir das Brustbein ganz leicht herauspräparieren. Den Unterleib öffnen wir durch einen einfachen Längsschnitt. Ausspülen des Präparates!

Atmungsorgane. Zunächst führen wir eine Glasröhre in den

Kehlkopf und blasen Luft hinein. Dadurch blähen sich die mit der Lunge in Verbindung stehenden Luftsäcke auf. Abb. 85.

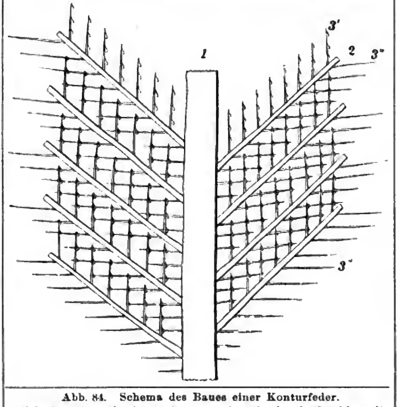


Abb. 84. Schema des Baues einer Konturfeder.
1 Schaft, *2* Ast, *3'* spitzenwärts vom Ast abgehende Strahlen, die sich über die spulenwärts gerichteteten Strahlen des Nachbarastes (*3"*) herüberlegen und sich mit Häkchen an ihnen verankern. Nach Boas.

Wir unterscheiden deutlich einen oberen und unteren Kehlkopf. Ersterer, eine durch Knorpelringe gestützte Kapsel, setzt sich in die ansehnliche Luftröhre (Knorpelringe) fort. Letzterer bildet das hintere Ende der Luftröhre und dient zur Hervorbringung von Tönen. Die zwei Äste der Luftröhre (Bronchien) münden alsbald in die dreieckigen Lungen.

Öffnen der Bronchien und Lungen! Möglichst weitgehende Verfolgung der Verästelungen.

Das Herz schneiden wir auf und sehen die zwei durch eine Wand getrennten Vorkammern und die beiden ebenfalls durch eine Wand geschiedenen Herzkammern. Mit einer Stricknadel ist leicht die Verbindung der Vorkammer mit der betr. Herzkammer nachzuweisen. (Linke Vorkammer mit linker Herzkammer, rechte Vorkammer mit rechter Herzkammer.) Über die vom Herzen ausgehenden und zu diesem zurückführenden Arterien und Venen vgl. Tafel VI!

Das braune, zweilappige, unter dem Herzen liegende Organ ist die Leber. Während sich unter dem kleineren Lappen der Kaumagen befindet, sehen wir unter dem größeren (nach oben klappen!) zwei Gallengänge. Eine Gallenblase fehlt. Die Gänge münden, wie die weißrötliche Bauchspeicheldrüse, in den Zwölffingerdarm. Abb. 86.

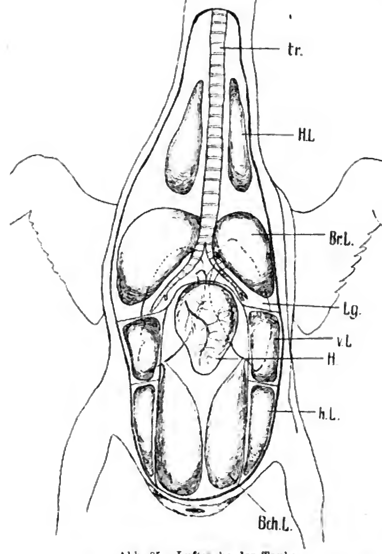


Abb. 85. Luftsäcke der Taube.
tr Luftröhre, *Lg* Lunge, *Hl*, *BrL*, *vL*, *hL*, *BchL* Luftsäcke, *N* Herz.

Entfernung der Leber und Verfolgen des Darmes vom Schnabel bis zur Kloake. Schneiden wir den Schnabel ein Stück weit auf, so sehen wir am Gaumen eine Spalte, die hintere Nasenöffnung, dahinter die Mündung der eustachischen Röhre und noch weiter zurück die Stimmritze.

Den Schlund sehen wir in den Kropf übergehen (aufschneiden!), hernach kommt der Drüsen-(Vor-)magen mit der Milz. Auch dieser ist aufzuschneiden. Drüsen und Sekrete. Und nun folgt der mit einem Sehnenüberzug versehene Muskelmagen. Abziehen der inneren starkwandigen Haut. Es kommt der Zwölffingerdarm, in vielen Schlingen der Dünndarm mit zwei sehr kleinen Blinddärmen und der Enddarm. Entwirren der verschiedenen Schlingen und Messen des ganzen Darmes vom Ursprung bis zum Ende. Länge des Tieres — Länge des Darmes.

Vergleich der im Kropf befindlichen Getreidekörnchen mit den im Magen liegenden.

Die mächtigen, dreiteiligen Nieren beginnen hinter der Lunge. Nebenniere und Harnleiter. Mündung in die Kloake.

Geschlechtsorgane. Bei den weiblichen Tieren ist ein traubiger Eierstock (der linke) und ein Eileiter vorhanden. Letzterer mündet in die Kloake. Paarige Hoden der männlichen Tiere. Aufschneiden der Kloake.

Gehirn. Abtragen der Schädeldecke. Auf Tafel VII sehen wir die Hauptteile des Gehirns. Längs- und Querschnitte (mit dem Messer) durch Groß- und Kleinhirn.

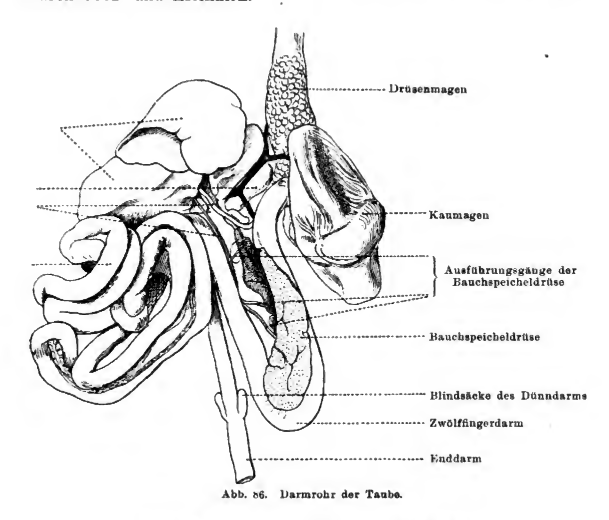


Abb. 86. Darmrohr der Taube.

Das Kaninchen *(Lepus cuniculus).*

Äußere Betrachtung. Gebiß: Nagezähne. Zehen an den Vorder- und Hinterfüßen. Haarkleid: Unterhaare und Grannenhaare.

Zerlegen des Tieres. Medianer Hautschnitt vom Becken bis zum Kinn. Abtrennen der Haut von der Unterlage mittels des Skalpellstieles. Öffnen der Bauchhöhle, Hochheben der Bauchdecke mittels der Pinzette. Den Schnitt führen wir nach hinten bis zum Schambein, nach vorn bis zum Brustbein. Hier können wir noch zwei seitliche Schnitte den Rippen entlang anfügen.

Nunmehr zeigt sich die nach oben vom Zwerchfell begrenzte Bauchhöhle. Wir sehen die braunrote, mehrlappige Leber, unter dem rechten Leberlappen die Gallenblase (Emporziehen des Lappens!), den Magen, das Netz, das von diesem ausgeht und über die Darmschlingen sich

hinzieht. An der linken Magenseite erblicken wir die Milz. Ferner gewahren wir den langen verschlungenen Dünndarm, den ansehnlichen grünlichen Blinddarm, den vielfach gekerbten Dickdarm und den Mastdarm. Hinten wird die Harnblase sichtbar. (Abb. 87.)

Nun gehen wir gleich an das Öffnen der Brusthöhle. Das Zwerchfell wird (hinter dem Brustbein) mit einem Schnitt getrennt, und die Rippen werden rechts und links vom Brustbein durchschnitten. Abspalten des Brustbeines an seinem vorderen Ende und Abheben desselben. Aufschneiden der Halsmuskeln. (Die Luftröhre wird gut sichtbar.)

Wir sehen die zwei großen hellroten Lungenflügel, zwischen ihnen das kegelförmige Herz. Durch das Zwerchfell gehen die *Vena cava inferior*, dahinter die Speiseröhre und an der Wirbelsäule die große Körperaorta. Etwas links von dieser und rückwärts sehen wir ein dünnwandiges Rohr (in die vordere *Vena cava* mündend). Dieses ist bestimmt, die Lymphgefäße aufzunehmen und Lymph- und Venensystem zu verbinden. Abb. 88 u. Taf. VI, Herz des Menschen.

Die Baucheingeweide. Herauspräparieren des Darmes von seinem Ursprung bis zum Ende. Es empfiehlt sich, den Darm möglichst nahe an seinem Ende mit einem Bindfaden abzuschnüren, den ganzen in der Bauchhöhle liegenden Teil des Darmes (nebst Leber, Gallenblase und Bauchspeicheldrüse) aufzulockern und dem vom Magen aus nach oben ziehenden Schlunde nachzugehen. Nun öffnen wir das Zwerchfell und verfolgen das Schlundrohr bis herauf zur Mundhöhle, wo wir den Schlund durchschneiden. Entfalten des Darmes. (Durchneiden der leichten den Darm verbindenden Gewebe.) Die Verbindungen der Leber, Gallenblase und Bauchspeicheldrüse mit dem Darm sind zu schonen. Messen des Darmes, namentlich des mächtigen Blinddarmes mit Wurmfortsatz. Aufschneiden und vollständiges Entleeren des Magen- und Darminhaltes und äußere Betrachtung der Darmwände in den verschiedenen Abteilungen.

Aufschneiden einer Niere. Herauspräparieren der beiden Harnleiter. Harnblase.

Eingeweide der Brusthöhle. Aufblasen der Lungenflügel siehe S. 63. Klappt man die Lungenflügel etwas zurück, so wird das Herz vollständig sichtbar. Man tut gut, den Herzbeutel gleich abzupräparieren. (Vorsicht, nicht hineinschneiden!) Von den Gefäßen verfolgen wir die nach links ziehende Aorta descendens und sehen, wie diese

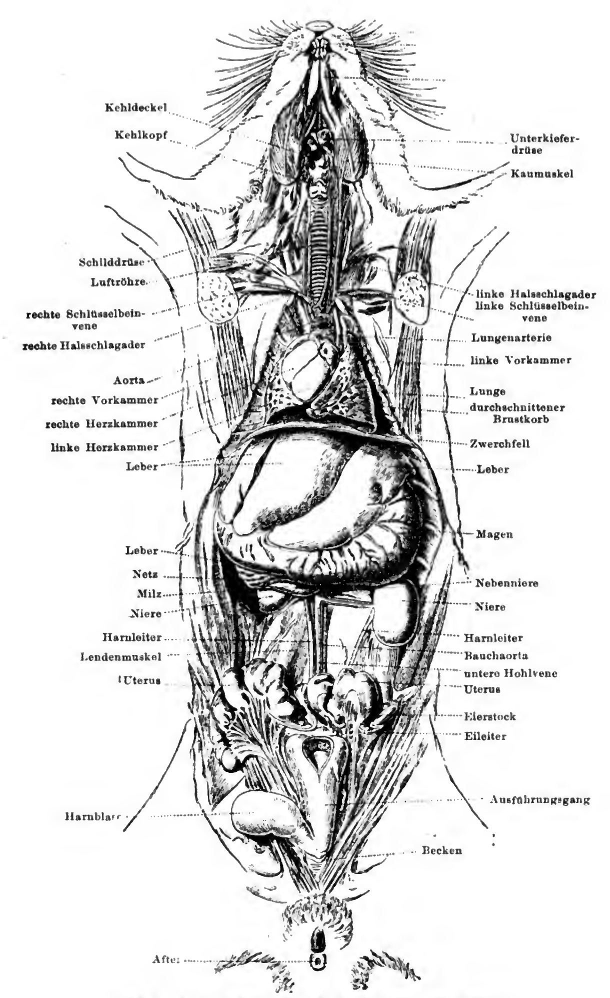


Abb. 87. Anatomie eines weiblichen Kaninchens. (Darm entfernt.)

große Körperarterie an der Wirbelsäule nach hinten sich wendet. Von ihr zweigen zwei große Arterien ab, von denen die eine sich nochmals teilt. (Die von der Aorta abgehenden Arterien versorgen die Arme und den Kopf.) Die Lungenarterie geht von der rechten Hauptkammer zu den Lungen und teilt sich vorher in zwei Äste. Zurücklaufen der entsprechenden Venen. Neben den Arterien verlaufen im allgemeinen die Venen; sie münden schließlich in die rechte Vorkammer. (Vereinigung zu Hohlvenen.) Aufschneiden des Herzens! Herzklappen! Der Ein- und Austritt von Arterien und Venen kann mit einer Sonde nachgewiesen werden.

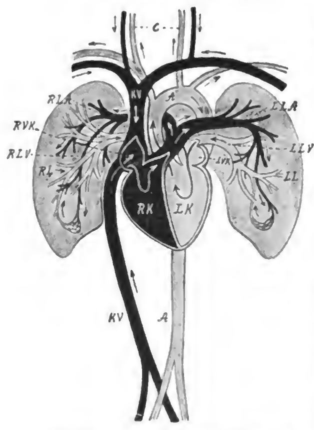


Abb. 88. Herz und Blutkreislauf eines Säugetieres. *A* Aorta, *LLV*, *RLV* linke und rechte Lungenvene, *LLA*, *RLA* linke und rechte Lungenarterie, *LVK*, *RVK* linke und rechte Herzvorkammer, *LK*, *RK* linke und rechte Herzkammer, *LL*, *RL* linke und rechte Lunge, *KV* Körpervenen (obere und untere Hohlvene).

Die Luftröhre spaltet sich in zwei Bronchien und geht vorne in den Kehlkopf hinein. Schildknorpel, Ringknorpel. Wir schneiden sie sowie den Kehlkopf auf und finden zunächst an diesem (vorn und an den Seiten) den sog. Kehldeckel, eine Knorpelplatte, welche zum Verschluß des Kehlkopfes dient. (Stimmbänder.) Einführen eines Glasröhrchens in die dorsale Rinne der Trachea, um in die Speiseröhre zu gelangen. (Speiseröhre.) Aufschneiden der Lungen und weitgehendes Verfolgen der Verästelungen der Bronchien.

Vor dem Kehlkopf zwei Speicheldrüsen, die Unterkieferdrüsen, davor die zwei Unterzungendrüsen, ebenfalls Speicheldrüsen. Unterhalb des Kehlkopfes die rotbraune, zweilappige Schilddrüse.

Das Gehirn. Wir trennen den Kopf vom Rumpf, entfernen Haut und Muskulatur vom Schädel und durchsägen die Schädelkapsel mit der Laubsäge am besten so, daß wir vom Hinterhauptloche ausgehend links und rechts nach vorne schneiden (möglichst dicht über dem Auge). Die beiden Einschnitte werden durch einen weiteren Sägeschnitt verbunden. Beim Abheben der Schädeldecke ist zu beachten, daß das

Gehirn nicht verletzt wird. Es macht sich sodann noch eine weitere Aufteilung nötig. Vom Hinterhauptloch ausgehend, vergrößern wir mit der Knochenzange die Öffnung links und rechts vom hinteren Hirnabschnitt.

Aufschneiden der Hirnhäute (*dura mater*, d. i. die harte Hirnhaut) und vorsichtiges Abziehen derselben mit der Pinzette. Das Gehirn kann erst dann herausgenommen werden, wenn die austretenden Nervenäste durchschnitten werden. (Nicht zu kurz abschneiden!) Vorsichtiges Herausnehmen des Gehirns. Der Geruchsnerv ist abzuschneiden!

Entfernung der Hirnhäute nebst jener zarten unter der *dura mater* liegenden Haut, die man als Spinnwebenhaut bezeichnet, und der *pia mater* (Gefäßhaut, Trägerin der ernährenden Blutgefäße).

Abb. 89. Gehirnbasis des Menschen. Ansicht von unten.
A vorderer, B unterer Lappen des Großhirns, C Kleinhirn, D verlängertes Mark, E Hirnschenkel, F Balken, G Tractus olfactorius, H, J Sehnerv, L gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv, M Rollnerv, N dreigeteilter Nerv, O äußerer Augenmuskelnerv, P Gesichtsnerv, Q Hörnerv, R Zungenschlundkopfnerv, S herumschweifender Nerv, T Beinnerv, U Zungenfleischnerv, a Gehirnanhang, b Sylvische Spalte, c vordere durchlöcherte Platte, d Trichter, e grauer Hügel, f Sehstreifen, g hintere durchlöcherte Platte, h Varolsbrücke, i Markhügel.

Das Gehirn von oben gesehen. (Vgl. Gehirn des Hundes auf Tafel VII!) Die mächtigste Partie bildet das Vorderhirn (Großhirn) mit seinen Großhirnhemisphären. Das Zwischenhirn wird von den Hemisphären des Großhirns vollständig, das Mittelhirn teilweise überdeckt. Nur die Vierhügelregion und die Zirbeldrüse (letztere noch zum Zwischenhirn gehörig) tritt hervor. Es folgt das Hinterhirn (Kleinhirn, das Nachhirn oder verlängertes Mark mit der Rautengrube).

Auf der Unterseite beachten wir am Kleinhirn eine Kommissur

zwischen beiden Hemisphären, welche die Brücke *(Pons)* genannt wird. Zwischen den Großhirnhemisphären fällt uns ein eigenartiges Organ auf, ein undeutlich zweilappiges Gebilde, der Hirnanhang (Hypophyse). Von diesem Anhang ist die Sehnervenkreuzung deutlich sichtbar. Des weiteren sind die Riechlappen zu beobachten. Über weitere Gehirnpartien vgl. Abb. 89.

Längsschnitt durch ein in Alkohol erhärtetes Gehirn!

Zerlegen des Auges, bzw. eines Rinderauges!

Entfernen der Gewebefetzen. Betrachten der Bindehaut und Augenmuskeln. Sehnerv. Lederhaut. Wir heben in der Äquatorgegend derselben mit der Pinzette eine Falte hoch (nach dem Tode schlaff, im Leben prall). Vorsichtiges Ausschneiden, um die dunkelfarbige Aderhaut zu schonen und Entfernen der Lederhaut mit Ausnahme der Stellen um den Sehnerv und des Hornhautrandes. Strahlenkörpermuskel. Regenbogenhaut. Pupille.

Abtragen der Aderhaut durch Einreißen des Auges auf der einen Seite und Auseinanderklappen desselben. Glaskörper. Linse. Durch diese hindurch wird die Rückseite der Regenbogenhaut sichtbar. Pupillarloch. Der grauliche Strahlenkörper umgibt die schwarze durchlochte Scheibe. Ringwulst um den Strahlenkörpermuskel. Wird ein solcher Strahl durchschnitten, so erscheint er als ein rechtwinkliges Dreieck.

Netzhaut. Im Leben durchsichtig und purpurrot, jetzt weiß. Am Sehnerv festgewachsen, sonst nur anliegend.

Skelettieren eines Kaninchens. Enthäuten. Die Eingeweide werden herausgenommen, und die Muskulatur wird entfernt, soweit das mit Messer und Schere zu bewerkstelligen ist. Hierauf wird das Ganze in mit Kalilauge versehenem Wasser längere Zeit gekocht. Vgl. Tafel IX, Skelett des Lemmings, sowie Abb. 90*a* und *b*.

Beobachtungen am Rinderauge.

Das umgekehrte Bild auf der Netzhaut. Befreien des Auges von Fett und Muskulatur. Nun schneidet man in den hinteren Augenpol und zwar auswärts von der Eintrittstelle des Sehnerven ein Loch von etwa 1 cm Durchmesser in die harte Augenhaut. Die schwarze Chorioidea wird mit der Pinzette oder einer feinen Schere entfernt, so daß die graue Retina zum Vorschein kommt, die möglichst zu schonen ist. Richtet man das so präparierte Auge gegen ein Licht

oder gegen eine helle Wolke (in diesem Falle bewegt man die gespreizten Finger in einer entsprechenden Entfernung hin und her), dann bekommt man das umgekehrte Bild.

Herausnehmen der Linse. Umgekehrtes Bild von verschiedensten Gegenständen.

Vergleichung der Wirbeltierherzen.

Während die an die Kiemenatmung gebundenen Fische ein Herz mit einer Vorkammer und einer Herzkammer haben, welche durch (zwei) Klappen voneinander getrennt sind, tritt mit der Lungenatmung eine Teilung der Vorkammer ein.

So finden wir bei den Amphibien eine Scheidewand, welche die Vorkammer in eine linke und rechte Hälfte trennt. Neben dem Körperkreislauf sehen wir außerdem einen gesonderten Lungenkreislauf (kleiner Kreislauf).

Eine teilweise Scheidung der Hauptkammer ist bei vielen Reptilien angebahnt. Vollkommen entwickelt ist dieselbe durchgeführt bei den Krokodilen, Vögeln und Säugetieren; hier sind zwei Vorkammern und zwei Hauptkammern. — Der von der Herzkammer entspringende *Truncus arteriosus* teilt sich allmählich in einzelne Gefäße, und zwar geht diese Teilung Hand in Hand mit der des Herzens. (Erst unvollkommen, dann vollständig.)

Auf Tafel VI sehen wir das menschliche Herz von vorne.

Vergleichung von Wirbeltiergehirnen.

Rückenmark und Gehirn nehmen mit der höheren Lebensstufe fortschreitend zu, jedoch so, daß das Gehirn bald das Rückenmark überflügelt. Während die niederen Wirbeltiere ein kleines Gehirn haben, d. h. ein Gehirn, das von der Rückenmarksmasse stark überwogen wird, zeigen die höheren Formen gerade das umgekehrte Verhältnis, und zwar wird diese Verschiebung um so auffallender, je höher die Organisationsstufe ist, der sie angehören.

Über die Gehirnentwicklung selbst ist zu konstatieren, daß die niederen Wirbeltierformen ein verhältnismäßig umfangreiches Mittel- und Nachhirn besitzen, hingegen ein geringer entwickeltes, mitunter unbedeutendes Groß- und Kleinhirn.

Ferner bleiben bei den niederen Formen die Großhirnhemisphären hinter den Riechlappen *(Lobi olfactori)* auffallend zurück. Bei den

höheren Wirbeltieren nehmen jedoch Großhirn und Kleinhirn beträchtlich zu; ganz besonders vergrößern sich die Großhirnhemisphären. Sie wachsen sogar bei den höchsten Säugetieren rückwärts und bedecken die übrigen Hirnabschnitte, außerdem breiten sie sich nach vorne aus. Damit nicht genug, entstehen bei den höheren Wesen mächtige Faltungen, um den engen Schädelraum besser auszunutzen. An solchen Faltungen (Windungen) fehlt es beispielsweise noch bei dem Kaninchenhirn.

Die zwölf Hirnnerven heißen: 1. *Nervus olfactorius,* Riechnerv; 2. *Opticus,* Sehnerv; 3. *Oculomotorius,* der wichtigste Augenmuskelnerv; 4. *Trochlearis,* Rollnerv (dreht das Auge nach unten und seitwärts); 5. *Trigeminus,* dreigeteilter Nerv (Augen-, Ober- und Unterkiefergegend); 6. *Abducens* (*abducere,* wegführen) ein Augenmuskelnerv, dessen Muskel das Auge nach außen dreht; 7. *Facialis,* Gesichtsnerv (Gesichtsmuskeln); 8. *Acusticus,* Hörnerv; 9. *Glossopharyngeus,* Geschmacksnerv; 10. *Vagus,* herumschweifender Nerv (Kehlkopf, Lunge, Herz, Magen, Darm, Nieren usw.); 11. *Accessorius* (accedere, hinzukommen), dem *Vagus* angeschlossen; 12. *Hypoglossus,* Zungenfleischnerv.

Vergleichung von Wirbeltierskeletten.

Paarige Flossen (Brust- und Bauchflossen) und unpaarige (Rücken-, Schwanz-, Afterflosse). Die letzteren sind zweifellos die älteren. Bei einigen Amphibien verschwinden die unpaarigen Flossen bereits nach dem Kaulquappenstadium. (Frösche, Kröten.)

Während bei den Fischen die Extremitätengürtel durch Muskeln und Bänder in ihrer Lage erhalten werden, existiert bei den meisten Landbewohnern ein Zusammenhang mit der Wirbelsäule (Schulter- und Beckengürtel).

Der Schultergürtel besteht aus drei Elementen, dem Schulterblatt *(Scapula),* dem Schlüsselbein *(Clavicula)* und dem Rabenschnabelbein *(Coracoid)*; desgleichen der Beckengürtel, nämlich aus dem Darmbein *(Ilium),* dem Schulterblatt entsprechend, dem Sitzbein *(Ischium)* und dem Schambein *(Os pubis).* Schlüsselbein wie Rabenschnabelbein kann fehlen.

Während der Beckengürtel unmittelbar mit der Wirbelsäule verbunden ist (Darmbein mit mehreren Wirbeln), kommt bei dem Schultergürtel nur eine mittelbare Verbindung in Betracht. (Schlüsselbein und Rabenschnabelbein.)

Die Extremitäten. Vordere Extremitäten: 1. Oberarm oder *Humerus*; 2. Unterarm — Elle *(Ulna)* und Speiche *(Radius)*; 3. Handwurzel *(Carpus)*; 4. Mittelhand *(Metacarpus)* und 5. Finger.

Hintere Extremitäten: 1. Oberschenkel *(Femur)*; 2. Unterschenkel — Schiene (*Tibia* der Speiche entsprechend) und Wadenbein *(Fibula)*; 3. Fuß *(Tarsus)*; 4. Mittelfuß *(Metatarsus)* und 5. Zehen.

Vergleiche einzelne Wirbeltierskelette in bezug auf die Vollständigkeit (bzw. das Vorhandensein) der Skeletteile wie Schulter- und Beckengürtel, Gliedmaßen (Elle und Speiche, Schiene und Wade) u. dgl.

Schädel. (Bei Knorpelfischen ein Stück.) Zu den primären Knochen der Schädelkapsel gehören vier Gruppen: Hinterhauptknochen, Gehörkapselknochen (bei den Säugern ein einheitliches Stück, das Felsenbein und dieses mit einem Belegknochen, dem Schläfenbein verschmolzen), Knochen der Augengegend (Keilbein der Säugetiere) und Geruchkapselknochen (Siebbein der Säugetiere). Hierzu kommen (als Belegknochen): Scheitel-, Stirn- und Nasenbeine.

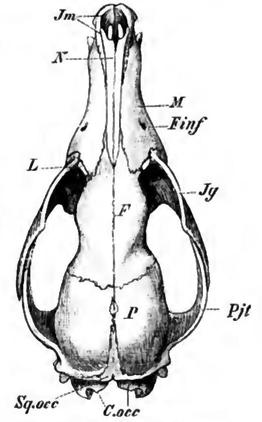


Abb. 90*a*. Hundeschädel (von oben). *Jm* Zwischenkiefer, *N* Nasenbein, *M* Oberkieferknochen, *Jg* Jochbein, Wangenbein, *Pjt* Jochfortsatz, *Finf* Öffnung im Oberkieferknochen, *L* Thränenbein, *F* Stirnbein, *P* Scheitelbein, *Sq. occ* Hinterhauptsknochen, *C. occ* Gelenklöcher des Hinterhauptbeines.

Gesichtsschädel. Der Kiefergaumenapparat verbindet sich bei dem knöchernen Ge-

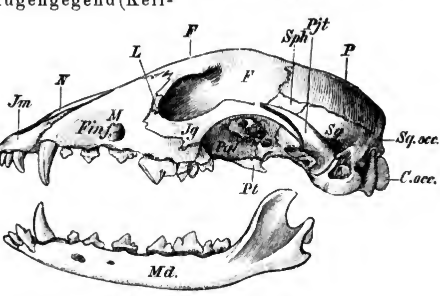


Abb. 90*b*. Hundeschädel von der Seite. *Sph* Keilbein, *Pt* Flügelbein, *Pal* Gaumenbein, *Md* Unterkiefer. Die übrigen Bezeichnungen wie in Abb. 90*a*.

sichtsskelett innig mit dem Schädel. Es sind zu unterscheiden: Jochbein, Oberkiefer, Zwischenkiefer (Quadratum zur Einlenkung des Unterkiefers; dieser Knochen wird bei den Säugern zum Amboß, daher ein neues Unterkiefergelenk), Flügelbein, Gaumenbein. Alle zusammen bilden die Decke der Mundhöhle.

Unterkiefer. (Hauptteil: Dentale, der die Zähne tragende Knochen.) Zungenbein mit Hörnern. (Vgl. Abb. 90*a* u. *b*.)

Physiologische Übungen.

Zur Atmung.

1. Bestimmung der Atmungsgröße, d. i. der Luftmenge, welche nach vorhergegangener Tief(ein)atmung durch die tiefste Ausatmung entleert wird.

Eine mit Wasser gefüllte Glasglocke wird mit der Öffnung nach unten auf die Brücke einer pneumatischen Wanne gesetzt und diesem Gefäß durch eine unten gebogene Glasröhre vermittels tiefster Ausatmung (nach vorhergehender Tiefatmung) Luft zugeführt. Durch eine Marke wird festgestellt, wieviel Wasser ausgeflossen ist. Umdrehen des Gefäßes und Messen des markierten Raumes durch hineinzugießendes Wasser. (Meßzylinder.)

2. Wasserdampfabgabe von Lunge und Haut. a) Ausatmen in einen trockenen Glaszylinder. b) Man bringe die Hand in ein größeres Becherglas und umgebe den Rand nebst Handgelenk mit einem Tuch, so daß die Hand nach außen abgeschlossen ist. Die Glaswände beschlagen sich nach einigen Minuten. (Hautatmung.)

3. Nachweis von CO_2 in der Ausatmungsluft. Zwei Kölbchen werden nach Abb. 91 zusammengestellt und einige Zentimeter hoch mit klarem Kalkwasser gefüllt, mindestens so weit, daß die langen Glasröhren in die Flüssigkeit eintauchen. Einatmen durch den mit dem kurzen Glasrohr verbundenen Schlauch. Keine oder eine nur unerhebliche Trübung (0,003 % CO_2 in der Atmosphäre.) Ausatmung

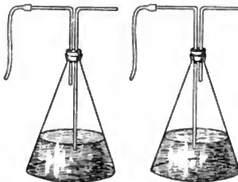


Abb. 91.
Nachweis der CO_2 in der Ausatmungsluft.

durch den mit der langen Röhre verbundenen Schlauch. Starke Trübung, weil die Ausatmungsluft 4 % CO_2 enthält.

4. Elastizität der Lunge. In die Luftröhre eines geöffneten Kaninchens führt man ein nach der Spitze zu verjüngtes Glasrohr mit anschließendem Gummischlauch fest ein und pumpt mit einem Blasebalg die Lunge auf. Große Ausdehnung der Lunge. Unterbricht man die Tätigkeit, so sinkt die Lunge unter Entweichen der Luft wieder zusammen.

Ernährung und Verdauung.

5. Nachweis von Stärke und Traubenzucker. In einem Reagenzglas bereite man frischen Stärkekleister, in einem anderen löse man Traubenzucker. Setzt man nun zu beiden etwas Kalilauge und ein paar Tropfen stark verdünnter Kupfervitriollösung, so entsteht in dem mit Zuckerlösung versehenen Glase eine tiefblaue, klare Flüssigkeit, im anderen dagegen ein Niederschlag von hellblauen Flocken (Kupferoxydhydrat). Beide Gläser werden erwärmt; der Niederschlag wird in dem einen schwarz (Kupferoxyd durch Wasserabspaltung), im anderen Glas entsteht ein rotbrauner Niederschlag von Kupferoxydul. (Trommersche Reaktion.)

6. Speicheleinwirkung auf Stärke. Man versetzt eine dünne Stärkekleisterlösung (Reagenzglas) mit Speichel (umschwenken und mischen) und stellt diese etwa fünf bis zehn Minuten lang in ein Becherglas, in welchem sich Wasser von 40° befindet (man tut gut, die Temperatur durch eine kleine Flamme auf 40° zu halten). Nunmehr wird Natronlauge und Kupfersulfat (drei bis vier Tropfen Vitriol) hinzugegeben und zum Sieden erhitzt. Das Eintreten der Trommerschen Reaktion zeigt, daß Stärke in Zucker verwandelt wurde.

7a. Eiweißnachweis. Ferrozyankaliumprobe. Ein Löffelchen sog. Hackfleisch wird in kaltes Wasser gelegt und dann auf etwa 60° angewärmt. Filtrieren! Versetzt man die Flüssigkeit mit Essigsäure und gibt sodann Ferrozyankalium dazu, so entsteht eine weiße, flockige Trübung.

7b. Ein Stück von einer ungekochten Kartoffel wird in der Reibschale zu einem dickflüssigen Brei zerrieben und dieser dann filtriert. Durch Kochen (Reagenzglas!) fällt Eiweiß aus. Zusatz von Ferrozyankalium erhöht den Niederschlag.

8. Schwefelbleiprobe. Eine alkalisch gemachte Eiweißlösung (Kali- oder Natronlauge) liefert mit Bleiazetat Schwefelblei.

9. Salzsäureprobe. Koaguliertes Eiweiß wird mit konzentrierter Salzsäure gekocht, wobei sich die klar werdende Flüssigkeit violett färbt.

10. Die Bestandteile des Eiweiß. Getrocknetes Eiweiß vom Hühnerei. In einem Reagenzgläschen erhitzen wir etwas Eiweiß. Die Wände des Glases beschlagen sich mit Wasser (Wasserstoff und Sauerstoff). In ein zweites Reagenzgläschen, das wir ebenfalls mit Eiweiß beschicken und erhitzen, hängen wir einen Streifen rotes Lackmuspapier. Blaufärbung, von Ammoniak herrührend (Stickstoff). Denselben Versuch machen wir mit einem weißen Filterstreifen, der mit Bleiwasser getränkt ist. Schwarzfärbung durch Schwefelwasserstoff (Schwefel). Fortfahren mit dem Erhitzen, bis ein schwarzer Rückstand (Kohlenstoff) bleibt. Das Eiweiß enthält die Stoffe COHNS. (Der Kohlenstoff kann mit O zu CO_2 verbrannt werden.)

11. Eiweißverdauung. Drei Reagenzgläser. In jedes Reagenzglas bringen wir ein paar Flocken frisches, gut ausgewaschenes, zerzupftes Fibrin. Während wir zu dem ersten Wasser geben, fügen wir zum zweiten dieselbe Menge 0,5 %-Salzsäure und zum dritten die gleiche Quantität Pepsinsalzsäure. (Auflösung von 0,5 bis 1 g Pepsin [Apotheke] in 500 ccm 0,5 %-Salzsäure). Alle drei Gläser kommen auf eine halbe Stunde in ein Becherglas mit Wasser von 40°. Nummer 3 ist bis dahin aufgelöst, Nummer 2 glasig aufgequollen, Nummer 1 unverändert.

12. Milch. Gerinnung durch Säure. Einige Kubikzentimeter Milch werden tropfenweise mit verdünnter Essigsäure versetzt (Reagenzglas). Gerinnung. Auftreten von groben Flocken und Klumpen. Kaseïn.

13. Labgerinnung. 100 ccm Milch werden auf 40° erwärmt und mit 5 ccm Lablösung (käufliche Labessenz oder Labpulver, wovon man 0,1 g in 100 ccm Wasser löst) versetzt. Vorsichtiges Umrühren und Stehenlassen bis zum Eintreten der Labwirkung. Kaseïn und Fett (Koagulum) trennen sich allmählich von der übrigen Flüssigkeit, nämlich der süßen Molke. Das Labferment des Magens bringt auch bei neutraler Reaktion die Milch zum Gerinnen.

14. Ausziehen des Butterfettes mit Äther. Etwa 5 ccm Milch sind mit ebensoviel Äther zu versetzen. Gut schütteln, Absetzenlassen der Flüssigkeit. Abgießen des Äthers auf ein Uhrschälchen! Nach dem Verdunsten bleiben Butterfetttröpfchen zurück.

15. Emulsionierung des Fettes. In zwei Reagenzgläser gibt man je 10 ccm Olivenöl. Durch kräftiges Schütteln verteilt sich das Fett in großen Tropfen im Wasser, sie gehen jedoch beim Stehenlassen wieder

nach oben. Bringt man nun in eines der Gläser ein paar Tropfen Sodalösung und schüttelt dann wieder, so treten kleinste Tröpfchen auf, die beim Stehenlassen nur allmählich nach oben gehen.

16. Fett als Wärmeschutz. Im Becherglas wird Wasser auf 60° erwärmt und in dieses zwei Thermometer von gleicher Ausgangstemperatur (Zimmerwärme) gebracht, nachdem das eine an der Quecksilberkugel mit Butter bestrichen worden ist. (Rasches — allmähliches Steigen des Quecksilbers.) Unter denselben Umständen bringe man zwei Thermometer in ein Kältegemisch (Eis — Kochsalz). Rasches — allmähliches Sinken des Quecksilbers.

17. Fette. Verseifen von Hammel- oder Rindertalg mit Kalilauge.

18. Knochen — Knochenasche. Dünne Knochen (Kaninchen) läßt man so lange in verdünnter Salzsäure liegen, bis sie weich und biegsam werden. Abspülen der Säure und Erwärmen mit etwas Wasser. (Abkühlen lassen!) Leim.

19. Verbrennen eines Knochens zu Knochenasche. Übergießen mit Salzsäure. Entweichen von CO_2.

20. Phosphorsäure (unrein). Zu drei Teilen Knochenasche kommen zwei Teile Schwefelsäure (diese vorher mit der fünffachen Menge Wasser verdünnt). Trennen der Lösung von dem ausgefallenen schwefelsauren Kalk. Eindampfen.

Das Blut.

21. Rote Blutkörperchen. Eine Fingerbeere wird sorgfältig gewaschen, abgetrocknet und mit einem in absoluten Alkohol getauchten Wattebausch gut abgerieben. Hierauf nimmt man eine saubere, unbenutzte Präpariernadel, glüht sie in der Gasflamme aus und führt nach dem Erkalten einen kurzen Stich aus. Der erste Tropfen Blut wird mit einem reinen Gazebausch entfernt, der zweite auf einen mit absolutem Alkohol gereinigten Objektträger gebracht und mit einem von Vaseline eingerandeten Deckgläschen rasch zugedeckt. Zahlreiche rote Blutkörperchen zeigen sich als kreisrunde schwach gelblich-grün gefärbte Scheiben mit dellenartiger Aushöhlung auf der Fläche. Seitlich sehen sie biskuitförmig, geldrollenartig aus. Manche zeigen infolge von Wasserverlust Schrumpfungserscheinungen und demgemäß verschiedenartige Formveränderungen. Abb. 92 *A*.

22. Froschblutpräparat. Diese Blutkörperchen sind bedeutend größer als die menschlichen und besitzen außerdem einen deutlichen Kern in der Mitte (Abb. 92 *B*).

23. Weiße Blutkörperchen sieht man vereinzelt im obigen Präparat des menschlichen Blutes, bzw. im Froschblut, das man beispielsweise einer abgeschnittenen Zehe entnehmen kann.

24. Defibriniertes Blut. Fibrin. Auf dem Schlachthof verschafft man sich Blut, das aus den durchschnittenen Adern eines Tieres in einem Gefäß aufgefangen und fünf bis zehn Minuten lang geschlagen wurde. Um den betreffenden Stab hat sich Fibrin gewickelt. Wir lösen es davon ab und waschen es so lange unter der Wasserleitung, bis es von den roten Blutkörperchen befreit ist und farblos erscheint. (Vgl. Verdauungsversuch mit Pepsinsalzsäure.)

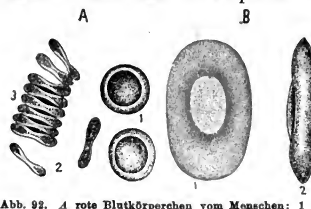


Abb. 92. *A* rote Blutkörperchen vom Menschen: 1 von der Fläche, 2 von der Kante gesehen, 3 geldrollenartige Beieinanderlagerung. *B* rote Blutkörperchen vom Frosche: 1 von der Fläche, 2 von der Kante betrachtet.

25. Blutkuchen. Serum. Ungeschlagenes Blut aus dem Schlachthof läßt man 24 Stunden in einem Gefäß stehen und bewahrt dieses möglichst kühl (ev. Eis) auf. Gerinnen des Blutes zu einer gallertartigen Masse (Blutkuchen) und Ausscheidung eines faserigen Netzes von Fibrin, das die Blutkörperchen in seine Maschen einschließt. Abgießen der über dem Blutkuchen stehenden leicht gefärbten (von einzelnen Blutkörperchen herrührenden) Flüssigkeit, die den Namen Serum führt.

Herausnehmen des Blutkuchens, der die Form des Gefäßes hat. Die Farbe desselben ist hellrot auf der Oberfläche, dunkelschwarzrot auf allen Schnittflächen. Anschneiden an verschiedenen Stellen und Beobachten der sich an der Luft (Sauerstoff) hellrot färbenden Schnittflächen.

26. Sauerstoffreiches Blut. In einen Kolben gibt man einige ccm Blut und leitet Sauerstoff ein. Hellscharlachrote Farbe. Sauerstoffhämoglobin. — Oder man verdünnt im Reagenzglas geschlagenes Blut etwa zehnfach mit destilliertem Wasser und schüttelt es mehrmals kräftig mit Luft.

27. Sauerstofffreies Blut. Zu starkverdünntem Blut (Reagenzglas 1—10 wie vorhin) setzt man einige Tropfen Schwefelammonium und erwärmt etwas. Die Farbe des Blutes wird dunkelblaurot. Schwefelammonium reduziert Sauerstoffhämoglobin. Sauerstofffreies Hämoglobin.




Digitized by Google

